مؤسسة حضرموت للاختراع
HADRAMOUT FOUNDATION OF INVENTION

أكاديمية الاختراع
للتقنية والإبداع



دورة الطاقة الشمسية

إعداد فريق : مؤسسة حضرموت للاختراع

إهــداء

أستاذي العزيز ..

يا أبا محمد كم نحن فقدناك كنت لنا الأستاذ والصديق والأخ العزيز فأراد الله إن يتقبلك عنده ربنا يرحمك ويسكنك فسيح جناته أمين .

لأتخف يا أستاذنا تركت شباباً وجيل يؤمن بقضيتنا ويعيشها ويحلم بها ليلاً ونهارا متحلين بالعلم والصبر ومؤمنين أن يوم من الأيام سيتحقق الله الحلم وتسكن روحك الطاهرة في مرقدها ...ربنا يجمعنا بك مع الأنبياء والصالحين في جنات النعيم ....

إخوتي الأعزاء ..

يارفقة عمري انتم لي دفقةً من حنان انتم لي البسمة من أمان يا من حفظتم علي من غدرات الزمان وكنتم لي الأمن والسلوان .... إليكم يا أحبتي أهدي هذه المادة العلمية مع خالص الحب والحنان .

شكر خاص لفريق إعداد المادة العلمية ..

م / فهد عبدالله باعشن

د / سالم فرج بامسعود

م / علي عبود باسنبل

م / ماجد عبدالله باسماعيل

م / رامي عبدالمجيد بن ثعلب

م / عبد الرحمن عمر بن هرهرة

مهندس / فهد عبدالله باعشن

رئيس مؤسسة حضرموت للاختراع

770807765

713226268

Fahd_e@hotmail.com

فهرس الدورة

المقدمة

خلق الله الشمس والقمر كآيات دالة على كمال قدرته وعظم سلطانه وجعل شعاع الشمس مصدراً للضياء على الأرض وجعل الشعاع المعكوس من سطح القمر نوراً فالشمس تجري في الفضاء الخارجي بحساب دقيق أي أن مدار الأرض حول الشمس محدد وبشكل دقيق ، وآي اختلاف في مسار الأرض سيؤدي إلى تغيرات مفاجئة في درجة حرارتها وبنيتها وغلافها الجوي ، وقد تحدث كوارث إلى حد لا يكون عندها بقاء للحياة فقدرة الله تعالى وحدها جعلت الشمس الحارقة رحمة ودفئاً ومصدراً للطاقة حيث تبلغ درجة حرارة مركزها حوالي (8-40) x 10 درجة مطلقة (كلفن) ثم تتدرج درجة حرارتها في الانخفاض حتى تصل عند السطح إلى 5762 مطلقة (كلفن) إن طاقة الشمس تعتبر المصدر الرئيسي للطاقة في كوكب الأرض ومنها توزعت وتحولت إلى مصادر الطاقة الأخرى سواء ما كان منها مخزون في طاقة الرياح والطاقة الحرارية في جوف الأرض والطاقة المولدة من مساقط المياه والطاقة الشمسية وغيرها من مصادر الطاقة كالفحم الحجري والأخشاب ، وبما أن الطاقة الشمسية هي أهم مصادر الطاقة المتجددة خلال القرن القادم فإن جهود كثير من الدول تتوجه لها بمختلف صورها وترصد لها المبالغ اللازمة لتطوير المنتجات والبحوث الخاصة باستغلال الطاقة الشمسية كإحدى أهم مصادر الطاقة البديلة للنفط والغاز ، وقد أعطى النصيب الأوفر في البحوث والتطبيقات لمجال تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء وهو ما يعرف باسم Photovoltaics وهذا المصدر من الطاقة هو أمل الدول النامية في التطور حيث أصبح توفر الطاقة الكهربائي من أهم العوامل الرئيسية لإيجاد البنى الأساسية فيها ولا يتطلب إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية إلى مركزية التوليد بل تنتج الطاقة وتستخدم بنفس المنطقة أو المكان وهذا ما سوف يوفر كثيراً من تكلفة النقل والمواصلات وتعتمد هذه الطريقة بصورة أساسية على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية ، وتوجد في الطبيعة مواد كثيرة تستخدم في صناعة الخلايا الشمسية والتي تجمع بنظام كهربائي وهندسي محدد لتكوين ما يسمى باللوح الشمسي والذي يعرض لأشعة الشمس بزاوية معينة لينتج أكبر قدر من الكهرباء .

وقد أثبتت التجارب والتطبيقات العلمية والعملية إمكانية استخدام الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء على نطاق تجاري، وقد منّ الله سبحانه وتعالى على اليمن بقسط وافر من كمية الطاقة الشمسية حيث تعتبر الطاقة الشمسية الساقطة على المتر المربع الواحد في اليمن من أعلى معدلاتها في العالم مستندين بذلك على القياسات لبعض مناطق الجمهورية، لذا فقد بادرت رئاسة جامعة العلوم والتكنولوجيا إلى تبني وإنشاء أول كيان علمي للطاقة الشمسية في الجمهورية ممثلاً بمركز الطاقة الشمسية وتم تزويده بأحدث الأجهزة والمعدات.

- **نبذة تاريخية عن مراحل تطور تكنولوجيا توليد الطاقة الكهربائية من الشمس :**

استفاد الإنسان منذ القدم من طاقة الإشعاع الشمسي مباشرة في تطبيقات عديدة كتجفيف المحاصيل الزراعية وتدفئة المنازل كما استخدمها في مجالات أخرى وردت في كتب العلوم التاريخية فقد أحرق أرخميدس الأسطول الحربي الروماني في حرب عام 212 ق.م عن طريق تركيز الإشعاع الشمسي على سفن الأعداء بواسطة المئات من الدروع المعدنية . وفي العصر البابلي كانت نساء الكهنة يستعملن آنية ذهبية مصقولة كالمرايا لتركيز الإشعاع الشمسي للحصول على النار . كما قام علماء أمثال تشرنهوس وسويز ولافوازييه وموتشوت وأريكسون وهاردنج وغيرهم باستخدام الطاقة الشمسية في صهر المواد وطهي الطعام وتوليد بخار الماء وتقطير الماء وتسخين الهواء . كما أنشئت في مطلع القرن الميلادي الحالي أول محطة عالمية للري بوساطة الطاقة الشمسية كانت تعمل لمدة خمس ساعات في اليوم وذلك في المعادي قرب القاهرة . لقد حاول الإنسان منذ فترة بعيدة الاستفادة من الطاقة الشمسية واستغلالها ولكن بقدر قليل ومحدود ومع التطور الكبير في التقنية والتقدم العلمي الذي وصل إليه الإنسان فتحت آفاقا علمية جديدة في ميدان استغلال الطاقة الشمسية .

بالإضافة لما ذكر تمتاز الطاقة الشمسية بالمقارنة مع مصادر الطاقة الأخرى بما يلي:

- إن التقنية المستعملة فيها تبقى بسيطة نسبياً وغير معقدة بالمقارنة مع التقنية المستخدمة في مصادر الطاقة الأخرى.
- توفير عامل الأمان البيئي حيث أن الطاقة الشمسية هي طاقة نظيفة لا تلوث الجو وتترك فضلات مما يكسبها وضعاً خاصا في هذا المجال وخاصة في القرن القادم.

<u>تحويل الطاقة الشمسية عبر التاريخ:</u>

يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وطاقة حرارية من خلال آليتي التحويل الكهروضوئية والتحويل الحراري للطاقة الشمسية ويقصد بالتحويل الكهروضوئية تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بوساطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية) ، وكما هو معلوم هناك بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئية تدعى اشتباه الموصلات كالسيليسيون والجرمانيوم وغيرها . وقد تم اكتشاف هذه الظاهرة من قبل بعض علماء الفيزياء في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي حيث وجدوا أن الضوء يستطيع تحرير الإلكترونات من بعض المعادن كما عرفوا أن الضوء الأزرق له قدرة أكبر من الضوء الأصفر على تحرير الإلكترونات وهكذا . وقد نال العالم اينشتاين جائزة نوبل في عام 1921م لاستطاعته تفسير هذه الظاهرة .
وقد تم تصنيع نماذج كثيرة من الخلايا الشمسية تستطيع إنتاج الكهرباء بصورة علمية وتتميز الخلايا الشمسية بأنها لا تشمل أجزاء أو قطع متحركة، وهي لا تستهلك وقوداً ولا تلوث الجو وحياتها طويلة ولا تتطلب إلا القليل من الصيانة. ويتحقق أفضل استخدام لهذه التقنية تحت تطبيقات وحدة الإشعاع الشمسي (وحدة شمسية) أي بدون مركزات أو عدسات ضوئية ولذا يمكن تثبيتها على أسطح المباني ليستفاد منه في إنتاج الكهرباء وتقدر عادة كفاءتها بحوالي 20% أما الباقي فيمكن الاستفادة منه في توفير الحرارة للتدفئة وتسخين المياه . كما تستخدم الخلايا الشمسية في تشغيل نظام الاتصالات المختلفة وفي إنارة الطرق والمنشآت وفي ضخ المياه وغيرها .

أما التحويل الحراري للطاقة الشمسية فيعتمد على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات (الأطباق) الشمسية والمواد الحرارية ، فإذا تعرض جسم داكن اللون ومعزول إلى الإشعاع الشمسي فإنه يمتص الإشعاع وترتفع درجة حرارته. يستفاد من هذه الحرارة في التدفئة والتبريد وتسخين المياه وتوليد الكهرباء وغيرها . وتعد تطبيقات السخانات الشمسية هي الأكثر انتشاراً في مجال التحويل الحراري للطاقة الشمسية . يلي ذلك من حيث الأهمية المجففات الشمسية التي يكثر استخدامها في تجفيف بعض المحاصيل الزراعية مثل التمور وغيرها كذلك يمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية في طبخ الطعام ، حيث أن هناك أبحاث تجري في هذا المجال لإنتاج معدات للطهي تعمل داخل المنزل بدلا من تكبد مشقة الجلوس تحت أشعة الشمس أثناء الطهي .

ورغم أن الطاقة الشمسية قد أخذت تتبوأ مكانة هامة ضمن البدائل المتعلقة بالطاقة المتجددة إلا أن مدى الاستفادة منها يرتبط بوجود أشعة الشمس طيلة وقت الاستخدام أسوة بالطاقة التقليدية. وعليه يبدو أن المطلوب من تقنيات بعد تقنية وتطوير التحويل الكهربائي والحراري للطاقة الشمسية هو تقنية تخزين تلك الطاقة للاستفادة منها أثناء فترة احتجاب الإشعاع الشمسي. وهناك عدة طرق تقنية لتخزين الطاقة الشمسية تشمل التخزين الحراري الكهربائي والميكانيكي والكيميائي والمغناطيسي. وتعد بحوث تخزين الطاقة الشمسية من أهم مجالات التطوير اللازمة في تطبيقات الطاقة الشمسية وانتشارها على مدى واسع، حيث أن الطاقة الشمسية رغم أنها متوفرة إلا أنها ليست في متناول اليد وليست مجانية بالمعنى المفهوم.
فسعرها الحقيقي عبارة عن المعدات المستخدمة لتحويلها من طاقة كهرومغناطيسية إلى طاقة كهربائية أو حرارية . وكذلك تخزينها إذا دعت الضرورة . ورغم أن هذه التكاليف حالياً تفوق تكلفة إنتاج الطاقة التقليدية إلا أنها لا تعطي صورة كافية عن مستقبلها بسبب أنها أخذة في الانخفاض المتواصل بفضل البحوث الجارية والمستقبلية .

بما أن الطاقة الشمسية تعتبر من المجالات والتخصصات العلمية الحديثة حيث يعود تاريخ الاهتمام بالطاقة الشمسية كمصدر للطاقة في بداية الثلاثينات حيث تركز التفكير حين ذاك علي إيجاد مواد وأجهزة قادرة على تحويل طاقة الشمس إلى طاقة كهربائية وقد تم اكتشاف مادة تسمى السيليسيوم التي تتأثر مقاومتها الكهربائية بمجرد تعرضها للضوء وقد كان هذا الاكتشاف بمحض الصدفة حيث أن أساس البحث كان لإيجاد مادة مقاومتها الكهربائية عالية لغرض تمديد كابلات للاتصالات في قاع المحيط الأطلسي.

واخذ الاهتمام بهذه الظاهرة يتطور حتى بداية الخمسينات حين تم تطوير شرائح عالية القوة عن مادة السليكون تم وضعها بأشكال وأبعاد هندسية معينة وقادرة على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية بكفاءة تحويل (6) ولكن كانت التكلفة عالية جداً ، هذا وقد كان أول استخدام للألواح الشمسية المصنعة من مادة السليكون في مجال الاتصالات في المناطق النائية ثم استخدامها لتزويد الأقمار الصناعية بالطاقة الكهربائية حيث تقوم الشمس بتزويد الأقمار الصناعية بالطاقة الكهربائية حيث تكون الشمس ساطعة لمدة (24) ساعة في اليوم ولازالت تستخدم حتى يومنا هذا ولكن بكفاءة تحويل تصل إلى (16سنة) وعمر افتراضي يتجاوز العشرين عاماً .

ثم تلت فترة الخمسينات والستينات فترة مهمة أخرى في مجال الاهتمام بالطاقة الشمسية كمصدر بديل للطاقة وفي النصف الثاني للسبعينات حينما أعلن العرب حظر تصدير النفط إلى الغرب بدأت دول عديدة تعطي اهتمام بالغ بالطاقة الشمسية واستخدامها وقد أثمرت هذه الفترة في نشر وتطور تكنولوجيا الطاقة الشمسية حيث انتشر استخدامها في مجالات عديدة مثل: الاتصالات - والنقل - والإنارة ... وغيرها ، وقد أصبحت الطاقة الكهربائية المولدة من الشمس في المناطق التي تكون فيها الطاقة الشمسية عالية مثل اليمن تنافس المصادر التقليدية للطاقة من ناحية التكلفة الاقتصادية ويتطلب ذلك تصميم أنظمة الطاقة الشمسية المتكاملة لتوليد وخزن الكهرباء ومن ثم تحويلها من تيار مستمر إلى تيار متردد مثل الكهرباء التي نستخدمها في منازلنا جميعاً ، ويبقى الدور المهم في كيفية نشر المعارف العلمية والتطبيقية بأهمية الطاقة الشمسية بين أوساط الطلاب في المرحلة الجامعية فما فوق وكيفية تطوير ونقل التكنولوجيا بأساليب سهلة وتكلفة اقتصادية ممكنة بحيث تساهم في حل بعض المشكلات الناجمة عن نقص الطاقة .

هدر الطاقة :

يسرب أكثر من نصف الطاقة المستخدمة في المنازل عبر البلاد من النوافذ والأبواب والعليات والفجوات وثغرات أخرى.

تتسرب التدفئة والتبريد على طريقتها من المنازل كل يوم.

هذا الهدر اليومي للطاقة يكلف بيئتنا الكثير، لأنه يستهلك الثروات ويبعث الغازات الخطيرة والسامة.

هناك العديد من المؤسسات الحكومية التي تعتبر البيئة من أهم أولوياتها، وتقدم حسومات خاصة على تحسين الفعالية القصوى للطاقة في البيوت.

وهناك تحسن طرأ على تكنولوجيا الأبواب والنوافذ أيضا، بما يساعد على تقليص استخدام الطاقة، بما يبقي الحرارة في منازلنا مريحة في أي مناخ.

عمل الباحثون على دراسة أعمق لتصاميم النوافذ والأبواب، وقرروا تعديلها كي تعزل بشكل أفضل وقد سميت بنافذة بريستول نسبة إلى مخترعها .

تتمتع نافذة البريستول هذه، بمزاياها الفريدة وزجاجها العازل بقدرة أكبر على حماية الطاقة وتوفيرها بشكل أفضل.

يمكن للسخونة أن تتبدل عبر النافذة بثلاث طرق، عبور الطاقة الضوئية من الزجاج في الاتجاهين، عبور الحرارة أو البرودة نتيجة تحرك الهواء واحتكاكه بالزجاج، إلى جانب الحرارة التي تتسرب عبر إطار الزجاج.

النوافذ التقليدية المصنوعة من الألمنيوم أو الفينيل وطبقة زجاج واحدة أو اثنتين، تمرر السخونة والبرودة بحرية بين داخل وخارج الغرفة.

يلغي استخدام ثلاثة ألواح زجاجية الاتصال بين البيئتين وبالتالي يحد من التوصيل بينهما.

يمكن خفض فقدان الحرارة والسخونة عبر الأشعة جديا، بإضافة غشاء غير مرئي ولكنه فعال جدا مما يعرف بمادة الو إي على لوحي الزجاج الخارجيين.

يؤدي هذا الغشاء دور المرآة الحرارية التي تعكس الموجات القصيرة القادمة من الخارج، وتفعل ذلك أيضا بالحرارة في منزلك.

يمكن للتبادل الجاري في الهواء بين ألواح الزجاج لتبديل الحرارة أن ينخفض بتعبئة ذلك الفراغ بغاز أرغون الشفاف.

يعتبر هذا الغاز أثقل وزنا وموصل أقل من الهواء ما يؤدي إلى خفض تبادل الهواء بين البيئتين.

يضيف الإقفال المحكم جدا والغير معدني عنصرا آخر للحول دون تبادل الهواء وتسربه.

يطوي هذا البلاستيك المقوى الزجاج بشكل دائم، ومزاياه الحرارية معا، فتنجم عنه طبقة دافئة تغطي سطحي هذه النوافذ العازلة الفعالة.

يعتمد مبدأ حماية الطاقة في المستقبل على حل مشكلة الفتح والإقفال، لهذا فإن أبواب بريستول كفيلة بالحفاظ على الحرارة في فصلا الشتاء، وإبعادها في الصيف.

أعمال الإقفال المحكم المضاد للماء حول جميع الأبواب والنوافذ يمنع تسرب الهواء من الداخل إلى الخارج وبالعكس.

تمنحنا الأبواب والنوافذ القدرة على الرؤية والمعابر الفعلية إلى العالم الخارجي.

أما الآن فمن المحتمل جدا ألا نستمر في تبديد وخسارة ثروات الطاقة في الفضاء بعد أن جرى التوصل إلى هذه التصاميم الحديثة الفعالة.

الـوحـدة الاولى

الطاقـة البـديلـة للطاقـة الحاليـة

الطاقة البديلة

- تعريف:

الطاقات المتجددة : هي الطاقات التي نحصل عليها من خلال تيارات الطاقة التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري، وهي بذلك على عكس الطاقات غير المتجددة الموجودة غالباً في مخزون جامد في الأرض لا يمكن الإفادة منها إلا بعد تدخل الإنسان لإخراجها منه. تتمثل الطاقات المتجددة بالطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المياه وطاقة الكتلة الحيوية. أما الطاقات المتجددة الأخرى، كطاقة الأمواج وطاقة الحرارة الجوفية، فإننا لن نتطرق إليها لاعتقادنا بان استثمارها في المستقبل القريب غير ممكن.

وبغض النظر عن أمكان الحصول على طاقة كهربائية أو حرارية أو ميكانيكية من الطاقات المتجددة و سنكتفي بالمهم وهو توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية وسوف نتوسع بالشرح.

النفايات مصدر للطاقة:

النفايات الغير قابلة للتحويل، يمكن أن تساوي حجمها من النفط.

هناك محطة تعمل لتوليد الكهرباء، فهي تستهلك النفايات وتحولها إلى طاقة يمكن قياسها بالفولت والوات.

مجرد فكرة حرق النفايات قد تبدو أشبه بالكارثة البيئية، ولكن النفايات الغير قابلة للتحويل يمكن أن تصنع طاقة تنبعث منها كميات من الغازات أقل من تلك التي تخرج من مداخن الشاحنات التي تنقلها إلى مجمع النفايات.

يمكن اعتبار المهملات الغير قابلة لتحويل مصدر لا ينضب من الطاقة. وليس هذا كل ما في الأمر، بل يمكن اعتبارها مصدر نظيف جدا للطاقة.

أصبح بالإمكان تحويل النفايات العصرية إلى مصدر للطاقة الكهربائية، وإلا فهي تحتاج إلى ثروات كثيرة لتحويلها إلى أشياء أخرى.

وهناك جهاز للتحكم بالتلوث يضمن عدم وصول المواد الصادرة عن حرق النفايات إلى المجال الجوي.

هذا هو الفرن، بعد أن تحرق النفايات وتولد الحرارة للكهرباء، يمر الدخان الناجم عن ذلك عبر مجموعة من الأجهزة الحديثة التي تعترض الغازات قبل تسربها.

بيوت الأكياس، ومصافي الغاز السائلة، وعدد آخر من تكنولوجيا التقليص الكفيلة بسحب عناصر التلوث التي تتجرأ على الوصول إلى المدخنة.

التعامل الجدي مع النفايات يمكن أن يوقف عدد من السفن التي تشحن النفط المستورد في الأحواض الجافة، وهو يطلق من التلوث كمية أقل من تلك التي تصدر عن الشاحنات التي تنقل النفايات.

هكذا يتحول السلب إلى إيجاب، أو ربما تعتبرها عبقرية، مع أنها رغبة في البقاء على قيد الحياة.

سمها كما تشاء، ولكن عندما تشعل الضوء أو الكمبيوتر أو جهاز التكييف، يمكن أن تسمي ذلك تلوث الطاقة الخفيفة، وتنفس للهواء الطلق.

الزجاج لتوفير الطاقة:

قلة منا يعرفون أن الزجاجة، تحول من جديد لتستعمل كعازل لتوفير الطاقة في منازلنا. لنرى كيف يتم ذلك.

هل تساءلت يوما عما يحدث لكميات الزجاج التي يتم تحويلها؟

نستعمل يوميا ثلاثون مليون طن من المستوعبات الزجاجية يذهب ثلثها فقط إلى مراكز التجميع.

أما الباقي فيذهب لسوء الحظ إلى مجمعات النفايات المزدحمة أصلا. ما يعني عشرة ملايين طن من المواد الغير قابلة للتحلل البيولوجي سنويا.

تشجع هذه الأرقام على إتباع خطوات حاسمة لحماية البيئة. وقد أصبح استعمال المنتجات اليومية كما هو حال الزجاج والورق والألمنيوم والبلاستيك عدة مرات مسألة شائعة، ما جعل العديد من المدن تلحق بركاب هذه الجهود الجماعية.

يمكن للزجاج المستعمل على خلاف المواد الأخرى أن يتحول إلى منتجات مفيدة تدوم لسنوات طويلة.

في محطة التحويل هذه العاملة في باكرسفيلد كاليفورنيا، يجري تحويل أربعمائة طن من الزجاج يوميا كاد ينتهي بها الحال بين أكوام النفايات.

يتم غسلها وطحنها وإرسالها إلى شولر العالمية، التي تستعمل كحد أدنى عشرين بالمائة من الزجاج التحويلي في صناعة زجاج المنازل والمباني التجارية.

قد يبدو هذا الأمر حديثا، وهو كذلك فعلا. ففي الماضي كان الزجاج المصنف وحده يعاد إلى المصانع بينما ترسل الزجاجات المتنوعة أو المحطمة إلى النفايات.

يمكن لألياف شولر الزجاجية أن تعالج كل أنواع الزجاج المخلوط، ما يعني أن لا حاجة لتصنيفها حسب الألوان، لتجري بعد ذلك عملية صناعية فعالة من الناحيتين النوعية والاقتصادية.

يمزج حطام الزجاج مع مواد أخرى، ثم يذاب ويعزز بالأنسجة، حتى تصنع منه أنواع من منتجات الألياف الزجاجية العازلة.

تجري أعمال القطع بعد ذلك حسب متطلبات المتعاقدين والمحترفين والبنائين.

أما من ينجز الأعمال بنفسه فيستعمل اللفائف لوضعها تحت السقوف وبين الجدران والمناطق الفارغة الأخرى.

أما المناطق التي يصعب الوصول إليها فتعبأ بألياف منفوخة تصل إلى هناك بمهارة بناء محترف.

حين تأخذ بالاعتبار أن المنازل تستعمل خمس الطاقة المستهلكة في الولايات المتحدة، وأن نصف هذه الطاقة أو ثلاثة أرباعها يستعمل في التدفئة أو التبريد، ستعرف السبب الذي يدفع الأخصائيين للقول بأنه لو تم عزل جميع المنازل التي يتم بنائها حديثا في الولايات المتحدة بشكل محكم، لوفرنا أكثر من ثلاثمائة مليون برميل من النفط سنويا.

ليس من السهل استيعاب أرقام مجردة كهذه، ولكن قد تتضح هذه المسألة على المستوى الفردي إذا عزز المرء من الطبقة العازلة.

من المحتمل أن توفر ما يزيد عن ثلاثين بالمائة من فواتير التدفئة التبريد، بعد استعمال الألياف الزجاجية لعزل جدران المبنى بالشكل المطلوب.

غالبا ما تغطي عمليات العزل مصاريفها خلال سنوات قليلة. ولكن إلى جانب هذه الفوائد المدهشة، هناك ثمار نقطفها على الصعيد البيئي أيضا.

أبرز هذه الثمار هو خفض الطاقة التي نستهلكها لبناء منازل أفضل.

فكلما تمتعت بالفعالية كلما احتجنا لتوليد كمية أقل من الطاقة، وبالتالي تنبعث كمية أقل من أسباب التلوث.

من بين أقل الثمار التي نقطفها بروزا ما نفع البيئة حين نوفر مساحة مجمعات النفايات المستهلكة، بمجرد اعتماد الصناعة التحويلية.

أليس رائعا أن نعرف بأن الزجاجة التي نستعملها اليوم يمكن أن تصلح غدا لصناعة منتجات مفيدة أخرى؟

كثيرا ما يعتبر البعض أن كلمة نفايات تعني ألا قيمة لها. ولكن هذا قد تغير الآن لأن النفايات تستعمل اليوم كوقود، لتوليد الطاقة الكهربائية.

أنواع الطاقة الموجودة ووسائل الحصول عليها

ما هي الطرق لتوليد الطاقة الكهربائية

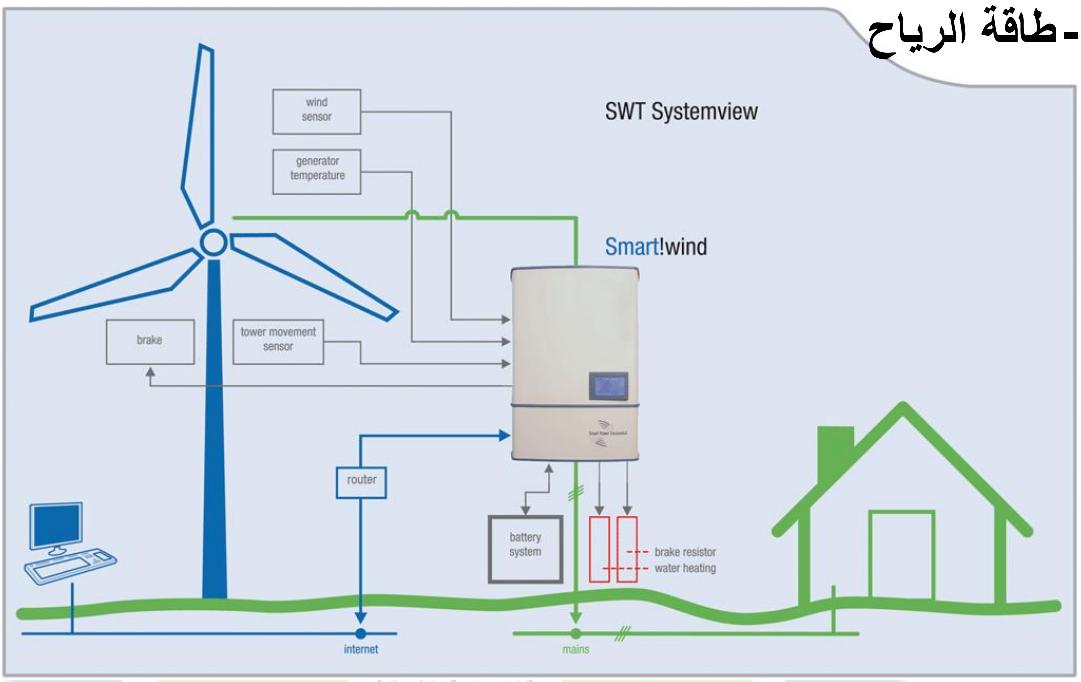
إن عملية توليد أو إنتاج الطاقة الكهربائية هي في الحقيقة عملية تحويل الطاقة من شكل إلى آخر حسب مصادر الطاقة المتوفرة في مراكز الطلب على الطاقة الكهربائية وحسب الكميات المطلوبة لهذه الطاقة ، الأمر الذي يحدد أنواع محطات التوليد وكذلك أنواع الاستهلاك وأنواع الوقود ومصادره كلها تؤثر في تحديد نوع المحطة ومكانها وطاقتها

أنواع محطات التوليد:

نذكر هنا أنواع محطات التوليد المستعملة على صعيد عالمي ونركز على الأنواع المستعملة في بلادنا:

محطات التوليد البخارية .
محطات التوليد النووية .
محطات التوليد المائية .
محطات التوليد من المد والجزر
محطات التوليد ذات الاحتراق الداخلي (ديزل – غازية)
محطات التوليد بواسطة الرياح .
محطات التوليد بالطاقة الشمسية.

1-طاقة الرياح



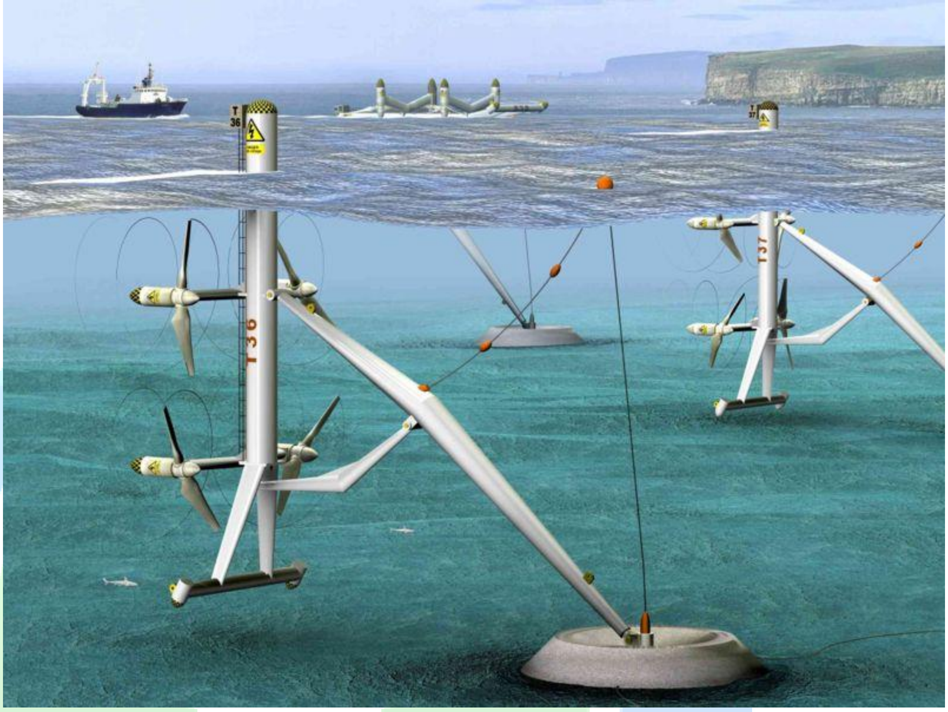
استخدمت طاقة الرياح منذ أقدم العصور في دفع السفن الشراعية وفي إدارة طواحين الهواء التي استُعملت في كثير من البلدان في رفع المياه من الآبار وفي طحن الغلال والحبوب. إلاّ انه نظراً إلى عدم ثبات سرعة الرياح وعدم استمرارها فقد تأخر استخدامها كوسيلة رئيسية من وسائل توليد الطاقة الكهربائية. ويمكن فهم عدم الثبات في القدرة المنتجة منها عندما نعلم إن القدرة الناتجة من حركة الرياح تتناسب مع سرعة هذه الرياح (V-m/s) مرفوعة إلى الأس الثالث (v3) إضافة إلى أن كفاءة تحويل الطاقة تتوقف على سرعة الرياح ومتحرك الرياح الذي يتمتع بكفاءة تصميمية تصل نظرياً إلى 60 في المئة .

تنتج طاقة الرياح بسبب اختلاف درجات تسخين الشمس للجو الناتج من عدم استواء سطح الأرض. إضافة إلى ذلك فان مورد طاقة الرياح متغير كثيراً، سواء من حيث الزمان أو من حيث الموقع. أما التغيير مع الزمن فيحدث خلال فترات تفصل بينها ثوان

(عصفات الريح) أو ساعات (الدورات اليومية) أو شهور (المتغيرات الموسمية).

إضافة إلى ذلك فان هناك مشكلة أساسية في تعيين أفضل الأماكن رياحاً وفي تحديد مورد الريح الذي يمكن الحصول عليه عملياً في منطقة معينة.

2-محطات التوليد من طاقة المد والجزر Tidal Power Stations:



المد والجزر من الظواهر الطبيعية المعروفة عند سكان سواحل البحار. فهم يرون مياه البحر ترتفع في بعض ساعات اليوم وتنخفض في البعض الآخر. وقد لا يعلمون أن هذا الارتفاع ناتج عن جاذبية القمر عندما يكون قريبا من هذه السواحل وان ذلك الانخفاض يحدث عندما يكون القمر بعيدا عن هذه السواحل ، أي عندما يغيب القمر ، علما أن القمر يدور حول الأرض في مدار أهليجي أي بيضاوي الشكل دورة كل شهر هجري ، وأن الأرض تدور حول نفسها كل أربع وعشرين ساعة . فإذا ركزنا الانتباه على مكان معين ، وكان القمر ينيره في الليل ، فهذا معناه أنه قريب من ذلك المكان وان جاذبيته قوية . لذا ترتفع مياه البحر . وبعد مضي أثنى عشرة ساعة من ذلك الوقت ، يكون القمر بالجزء المقابل قطريا ، أي بعيدا عن المكان ذاته بعدا زائدا بطول قطر الكرة الأرضية فيصبح اتجاه جاذبية القمر معاكسة وبالتالي ينخفض مستوى مياه البحر .

وأكثر بلاد العالم شعورا بالمد والجزر هو الطرف الشمالي الغربي من فرنسا حيث يعمل مد وجزر المحيط الأطلسي على سواحل شبه جزيرة برنتانيا إلى ثلاثين مترا وقد أنشئت هناك محطة لتوليد الطاقة الكهربائية بقدرة 400 ميغاواط حيث توضع توربينات خاصة في مجرى المد فتديرها المياه الصاعدة ثم تعود المياه الهابطة وتديرها مرة أخرى .

ومن الأماكن التي يكثر فيها المد والجزر السواحل الشمالية للخليج العربي في منطقة الكويت حيث يصل أعلى مد إلى ارتفاع 11 مترا ولكن هذه الظاهرة لا تستغل في هذه المناطق لتوليد الطاقة الكهربائية .

3- محطات التوليد ذات الاحتراق الداخلي Combustion Engines Internal

محطات التوليد ذات الاحتراق الداخلي هي عبارة عن ألآت تستخدم الوقود السائل (Fuel Oil) حيث يحترق داخل غرف احتراق بعد مزجها بالهواء بنسب معينة ، فتتولد نواتج الاحتراق وهي عبارة عن غازات على ضغط مرتفع تستطيع تحريك المكبس كما في حالة ماكينات الديزل أو تستطيع تدوير التوربينات حركة دورا نية كما في حالة التوربينات الغازية.

- **توليد الكهرباء بواسطة الديزل Diesel Power Station**



تستعمل ماكينات الديزل في توليد الكهرباء في أماكن كثيرة في دول الخليج وخاصة في المدن الصغيرة والقرى . وهي تمتاز بسرعة التشغيل وسرعة الإيقاف ولكنها تحتاج إلى كمية مرتفعة من الوقود نسبيا وبالتالي فان كلفة الطاقة المنتجة منها تتوقف على أسعار الوقود. ومن ناحية أخرى لا يوجد منها وحدات ذات قدرات كبيرة . (3 ميغاواط فقط).

وهذا المولدات سهلة التركيب وتستعمل كثيرة في حالات الطوارئ أو أثناء فترة ذروة الحمل . وفي هذه الحالة يعمل عادة عدد كبير من هذه المولدات بالتوازي لسد احتياجات مراكز الاستهلاك.

- **توليد الكهرباء بالتوربينات الغازية Gas Turbine**

تعتبر محطات توليد الكهرباء العاملة بالتوربينات الغازية حديثة العهد نسبيا ويعتبر الشرق الأوسط من أكثر البلدان استعمالا لها . وهي ذات سعات وأحجام مختلفة من 1 ميغاواط إلى 250ميغاواط ، تستعمل عادة أثناء ذروة الحمل في البلدان التي يوجد فيها محطات توليد بخارية أو مائية ، علما أن فترة إقلاعها وإيقافها تتراوح بين دقيقتين وعشرة دقائق.

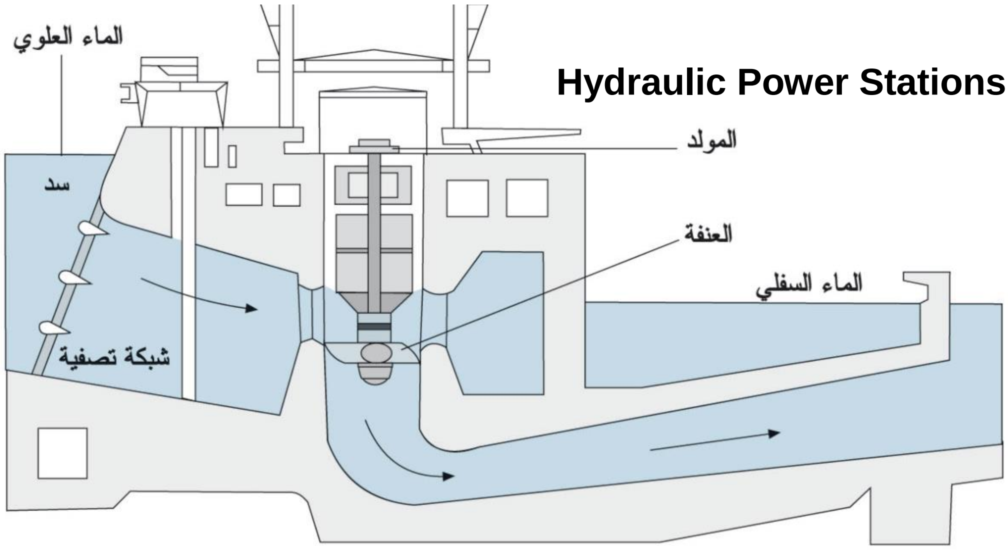
وفي معظم الشرق الأوسط ، وخاصة في المملكة العربية السعودية ، فتستعمل التوربينات الغازية لتوليد الطاقة طوال اليوم بما فيه فترة الذروة . ونجد اليوم في الأسواق وحدات متنقلة من هذه المولدات لحالات الطوارئ مختلفة الأحجام والقدرات .

تمتاز هذه المولدات ببساطتها ورخص ثمنها نسبيا وسرعة تركيبها وسهولة صيانتها وهي لا تحتاج إلى مياه كثيرة للتبريد . كما تمتاز بإمكانية استعمال العديد من أنواع الوقود

(البترول الخام النقي – الغاز الطبيعي – الغاز الثقيل وغيرها ...) وتمتاز كذلك بسرعة التشغيل وسرعة الإيقاف .

وأما سيئاتها فهي ضعف المردود الذي يتراوح بين 15 و 25 % كما أن عمرها الزمني قصير نسبيا وتستهلك كمية كبيرة

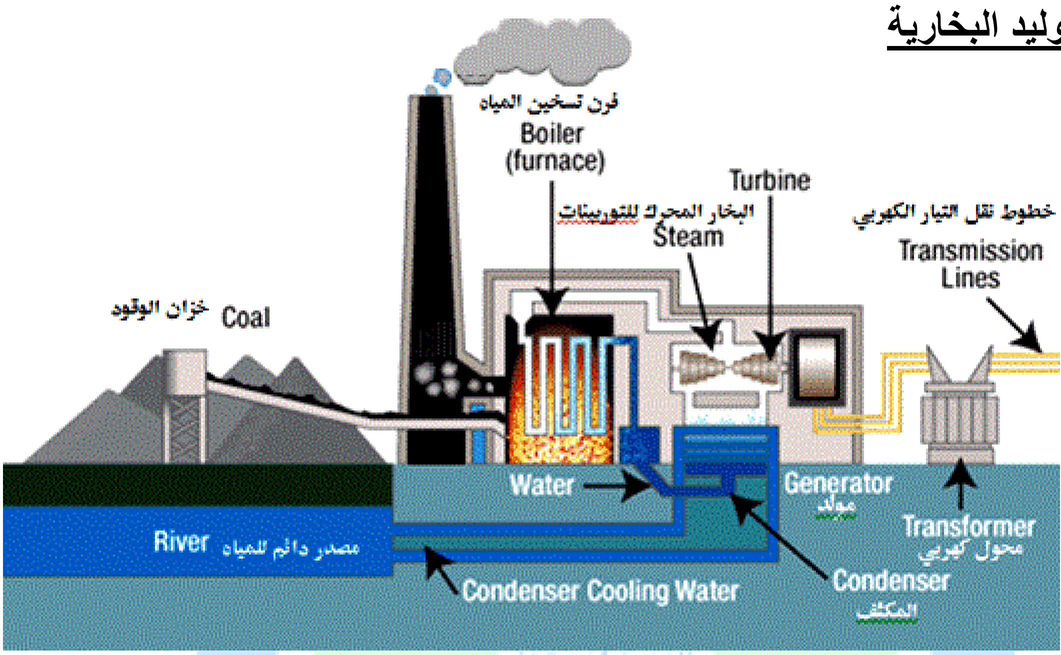
4- محطات التوليد المائية: Hydraulic Power Stations



حيث توجد المياه في أماكن مرتفعة كالبحيرات ومجاري الأنهار يمكن التفكير بتوليد الطاقة، خاصة إذا كانت طبيعة الأرض التي تهطل فيها الأمطار أو تجري فيها الأنهار جبلية ومرتفعة. ففي هذه الحالات يمكن توليد الكهرباء من مساقط المياه ، أما إذا كانت مجاري الأنهار ذات انحدار خفيف فيقتضي عمل سدود في الأماكن المناسبة من مجرى النهر لتخزين المياه، تنشا محطات التوليد عادة بالقرب من هذه السدود كما هو الحال في مجرى نهر النيل. وقد بني السد العالي وبنيت معه محطة توليد كهرباء بلغت قدرتها المركبة 1800 ميغاواط. وعلى نهر الفرات في شمال سوريا بني سد ومحطة توليد كهرباء بلغت قدرتها المركبة 800 ميغاواط.

إذا كان مجرى النهر منحدرا انحدار كبيرا فيمكن عمل تحويلة في مجرى النهر باتجاه أحد الوديان المجاورة وعمل شلال اصطناعي. هذا بالإضافة إلى الشلالات الطبيعية التي تستخدم مباشرة لتوليد الكهرباء كما هو حاصل في شلالات نياغرا بين كندا والولايات المتحدة، وبصورة عامة أن أية كمية من المياه موجودة على ارتفاع معين تحتوي على طاقة كامنة في موقعها . فإذا هبطت كمية المياه إلى ارتفاع أدنى تحولت الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية . وإذا سلطت كمية المياه على توربينة مائية دارت بسرعة كبيرة وتكونت على محور التوربينة طاقة ميكانيكية . وإذا ربطت التوربينة مع محور المولد الكهربائي تولد على أطراف العضو الثابت من المولد طاقة كهربائية

5- محطات التوليد البخارية



تعتبر محطات التوليد البخارية محولا للطاقة (Energy Converter) وتستعمل هذه المحطات أنواع مختلفة من الوقود حسب الأنواع المتوفرة مثل الفحم الحجري أو البترول السائل أو الغاز الطبيعي أو الصناعي .

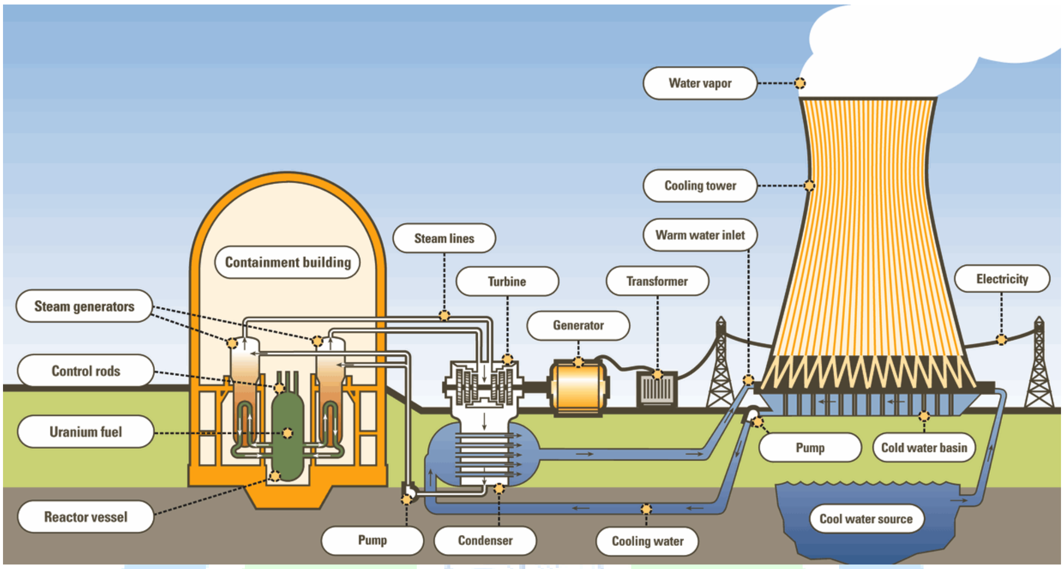
تمتاز المحطات البخارية بكبر حجمها ورخص تكاليفها بالنسبة لإمكانياتها الضخمة كما تمتاز بإمكانية استعمالها لتحلية المياه المالحة الأمر الذي يجعلها ثنائية الإنتاج خاصة في البلاد التي تقل فيها مصادر المياه العذبة.

اختيار مواقع المحطات البخارية:Site Selection of Steam Power Station

تتحكم في اختيار المواقع المناسبة لمحطات التوليد الحرارية عدة عوامل مؤثرة نذكر منها ما يلي:

- القرب من مصادر الوقود وسهولة نقله إلى هذه المواقع وتوفر وسائل النقل الاقتصادية.
  - القرب من مصادر مياه التبريد لأن المكثف يحتاج إلى كميات كبير من مياه التبريد. لذلك تبنى هذه المحطات عادة على شواطئ البحار أو بالقرب من مجاري الأنهار.
  - القرب من مراكز استهلاك الطاقة الكهربائية لتوفير تكاليف إنشاء خطوط النقل . مراكز الاستهلاك هي عادة المدن والمناطق السكنية والمجمعات التجارية والصناعية.
- تعتمد محطات التوليد البخارية على استعمال نوع الوقود المتوفر وحرقه في أفران خاصة لتحويل الطاقة الكيميائية في الوقود إلى طاقة حرارية في اللهب الناتج من عملية الاحتراق ثم استعمال الطاقة الحرارية في تسخين المياه في مراجل خاصة (BOILERS) وتحويلها إلى بخار في درجة حرارة وضغط معين ثم تسليط هذا البخار على عنفات أو توربينات بخارية صممت لهذه الغاية فيقوم البخار السريع بتدوير محور التوربينات وبذلك تتحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية على محور هذه التوربينات، يربط محور المولد الكهربائي ربطا مباشرا مع محور التوربينات البخارية فيدور محور المولد الكهربائي
- (AL TERNATOR) بنفس السرعة وباستغلال خاصة المغناطيسية الدوارة (ROTOR) من المولد والجزء الثابت (STATOR) منه تتولد على طرفي الجزء الثابت من المولد الطاقة الكهربائية اللازمة. والرسم التمثيلي رقم يبين مسلسل تحويل الطاقة من أول حرق الوقود حتى إنتاج الطاقة الكهربائية.
- لا يوجد فوارق أساسية بين محطات التوليد البخارية التي تستعمل أنواع الوقود المختلفة إلا من حيث طرق نقل وتخزين وتداول وحرق الوقود. وقد كان استعمال الفحم الحجري شائعا في أواخر القرن الماضي وأوائل هذا القرن، إلا أن اكتشاف واستخراج البترول ومنتوجاته أحدث تغييرا جذريا في محطات التوليد الحرارية حيث أصبح يستعمل بنسبة تسعين بالمئة لسهولة نقله وتخزينه وحرقه إن كان بصورة وقود سائل أو غازي

6- محطات التوليد النووية : Nuclear Power Station:



محطات التوليد النووية نوعا من محطات التوليد الحرارية لأنها تعمل بنفس المبدأ وهو توليد البخار بالحرارة وبالتالي يعمل البخار على تدوير التوربينات التي بدورها تدور الجزء الدوار من المولد الكهربائي وتتولد الطاقة الكهربائية على أطراف الجزء الثابت من هذا المولد .

والفرق في محطات التوليد النووية أنه بدل الفرن الذي يحترق فيه الوقود يوجد هنا مفاعل ذري تتولد في الحرارة نتيجة انشطار ذرات اليورانيوم بضربات الإلكترونات المتحركة في الطبقة الخارجية للذرة وتستغل هذه الطاقة الحرارية الهائلة في غليان المياه في المراجل وتحويلها إلى بخار ذي ضغط عال ودرجة مرتفعة جدا. تحتوي محطة التوليد النووية على الفرن الذري الذي يحتاج إلى جدار عازل وواق من الإشعاع الذري وهو يتكون من طبقة من الآجر الناري وطبقة من المياه وطبقة من الحديد الصلب ثم طبقة من الأسمنت تصل إلى سمك مترين وذلك لحماية العاملين في المحطة والبيئة المحيطة من التلوث بالإشعاعات الذرية.

أن أول محطة توليد حرارية نووية في العالم نفذت في عام 1954 وكانت في الاتحاد السوفيتي بطاقة 5 ميغاواط ومحطات التوليد النووية غير مستعملة في البلاد العربية حتى الآن.

ولكن محطات التوليد الحرارية البخارية مستعملة بصورة كثيفة على البحر الأحمر والبحر الأبيض المتوسط والخليج العربي في توليد الكهرباء ولتحلية المياه المالحة

الوحدة الثانية

الطاقة الشمسية

الفصل الأول
الطاقة الشمسية

الفصل الثاني
توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية

الفصل الاول

أنظمة الضخ الكهرو شمسية

الفصل الثاني

إجراء التجارب على مجموعة الضخ

الفصل الأول
الطاقة الشمسية

1-1 المقدمة:

الشمس هي مصدر الحياة ومصدر الطاقات على الأرض، فالطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض تتحول إلى شكلين رئيسين: طاقة كيميائية وطاقة حرارية، وكل منها يتجلى بعدة مظاهر تؤدي لنشوء عدد من الطاقات. فعند سقوط أشعة الشمس على أوراق النباتات تدخر في النبات على شكل طاقة كيميائية عضوية، وتشكل هيكلاً للنباتات ومصدراً لغذائه ولغذاء الكائنات الحية بشكل عام.

إن تراكم الكميات الكبيرة من هذه العضويات الحية عبر السنين، وخضوعها لظروف مناسبة من الأكسدة والإرجاع، حولت الطاقة الكيميائية المختزنة فيها إلى طاقة كيميائية أخرى شكلت مصدر الوقود الأحفوري من النفط والغاز والفحم .

أما الأثر الحراري للطاقة الشمسية فيتجلى ظاهراً عند سقوط الأشعة الشمسية على الغلاف الجوي فيؤدي لتسخينه تسخيناً متفاوتاً، وبالتالي: لحدوث التيارات الهوائية ، وبالنتيجة ظهور طاقة الرياح، ويشكل تبخر كميات هائلة من مياه البحار والمحيطات مصدراً للطاقة المائية على الأرض.

إن التسخين المباشر لسطح البحار والمحيطات يؤدي لارتفاع درجة حرارة السطح مع المحافظة على درجة حرارة منخفضة في القاع، و تعرف الطاقة الناتجة من هذه الظاهرة بالطاقة الحرارية في البحار والمحيطات.

ترتبط طاقة المد والجزر مباشرة مع الشمس ولو بشكل ضئيل أي بمدى قربها أو بعدها عن الأرض، ويعتقد أن الطاقة الكامنة الجوفية في باطن الأرض هي طاقة مستمدة من الشمس؛ لأن معظم النظريات الحديثة تؤكد أن الأرض تعود في منشئها إلى الشمس إذ إنها انفصلت عنها (الكوكب الأم) وبُردت قشرتها الخارجية، أما أعماقها فما زالت ملتهبة تشع الحرارة إلى الجهات كافة.

بدأ الإنسان استخدام الطاقة الشمسية منذ القرن الثالث قبل الميلاد، وذلك باستخدام المرايا لتركيز أشعة الشمس، ثم تتالت هذه الاستخدامات وتطورت تطورا كبيراً حتى استخدام هذه الطاقة في إطلاق الأقمار الصناعية التي تتزود بالطاقة الشمسية عن طريق الخلايا الكهروشمسية.

2-1 الجوانب الإيجابية والسلبية لاستخدام الطاقة الشمسية:

إن الطاقة الشمسية كغيرها من مصادر الطاقة لها جوانب إيجابية وسلبية.

أولاً_ **الجوانب الإيجابية:**

1- الطاقة الشمسية طاقة هائلة من حيث مخزونها وكميتها، من حيث مخزونها: إن الشمس منبع لا ينتهي من الطاقة. ومن حيث كميتها: إن ما يصل إلى الأرض من الأشعة الشمسية يعادل عدة أضعاف احتياج البشرية من الطاقة.

2- الطاقة الشمسية مجانية، لذلك يعتمد استخدامها على الكلفة التأسيسية فقط.

3- تتوزع الطاقة الشمسية على سطح الكرة الأرضية، وتصل إلى الجميع فلا حاجة لنقلها و توزيعها.

4- على الرغم من الفرق في توزع الطاقة الشمسية بين خط الاستواء و القطبين إلا أن توزعها حسب خطوط العرض منتظم تقريباً، ويعتمد على المنطقة الجغرافية مما يسهل عملية دراستها واستخدامها وتبادل المعلومات والدراسات حولها.

5- تُعدُّ الطاقة الشمسية عملية من ناحية استخدامها، فهي قابلة للتحول إلى أنواع أخرى من الطاقة كالطاقة الحرارية والميكانيكية والكهربائية.

6- تُعدُّ هذه الطاقة لا مثيل لها في بعض الاستخدامات الخاصة فيما يتعلق بحياة الإنسان والنبات مثل (المشاريع الضخمة التي تعتمد على تبخير كميات هائلة من المياه وعمليات التركيب الضوئي وغيرها).

7- تُعدُّ هذه الطاقة مصدراً نظيفاً للطاقة من حيث تأثيرها على البيئة وغير خطرة الاستعمال.

ثانياً_ **الجوانب السلبية:**

1- تُعدُّ الطاقة الشمسية قليلة الكثافة لواحدة السطح إذا ما قورنت بأنواع الطاقة التقليدية.

2- عدم استمرارية الطاقة الشمسية خلال اليوم، حيث تتوفر فقط لساعات معينة في اليوم مما يسبب مشاكل عملية في استخدامها.

3- جهل المستهلك بأهمية هذه الطاقة، مما يتطلب وضع خطة تفهيم وتوجيه بما يتناسب مع التحولات الاجتماعية التي ترافق استخدام هذه الطاقة.

4- إن نظام الطاقة الذي عاشه الإنسان خلال التطور الصناعي نتج عنه نظام حياتي معين، ونظام الطاقة الشمسية الجديد قد يتطلب تغيراً نوعياً في بعض أسس هذا النظام.

3-1 أهمية الطاقة الشمسية:

تأتي أهمية الطاقة الشمسية من اعتبارها أهم مصادر الطاقة المتجددة خلال القرن الحالي؛ لأن الطاقة التقليدية (الأحفورية) مهددة بالنضوب، وكذلك بما خلفته من آثار كارثية على بيئة الأرض من تلوث وارتفاع في درجة حرارة الأرض, والتي سببت تغيرات مناخية في جو الأرض.

لذلك فإن جهود كثير من الدول تتوجه نحو استثمار الطاقة الشمسية، وترصد لها المبالغ اللازمة لتطوير المنتجات، والبحوث الخاصة باستغلال الطاقة الشمسية كإحدى أهم مصادر الطاقة البديلة للنفط والغاز ، وقد أعطي النصيب الأوفر في البحوث والتطبيقات لمجال تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء وهو ما يعرف باسم Photovoltaic.

وهذا المصدر من الطاقة هو أمل الدول النامية في التطور حيث أصبح توفر الطاقة الكهربائية من أهم العوامل الرئيسة لإيجاد البنى الأساسية فيها، ولا يتطلب إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية مركزيةً في التوليد بل تنتج الطاقة، وتستخدم بالمنطقة نفسها أو المكان، وهذا ما يوفر الكثير من التكلفة في النقل والمواصلات.

وتعتمد هذه الطريقة بصورة أساسية على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية ، وتوجد في الطبيعة مواد كثيرة تُستخدم في صناعة الخلايا الكهروشمسية، والتي تجمع بنظام كهربائي وهندسي محدد لتكوين ما يسمى باللوح الشمسي الذي يُعرّض بدوره لأشعة الشمس بزاوية معينة لينتج أكبر قدر من الكهرباء.

ورغم أن الطاقة الشمسية أخذت تتبوأ مكاناً مهماً ضمن البدائل المتعلقة بالطاقة المتجددة، إلا أن مدى الاستفادة منها يرتبط بوجود أشعة الشمس طيلة وقت الاستخدام أسوة بالطاقة التقليدية. وعليه يبدو أن المطلوب (إضافة إلى تطوير التحويل الكهربائي والحراري للطاقة الشمسية) تطوير تقنية تخزين تلك الطاقة للاستفادة منها في أثناء فترة احتجاب الإشعاع الشمسي. وهناك طرق تقنية عدة لتخزين الطاقة الشمسية تشمل التخزين الحراري والكهربائي والميكانيكي والكيميائي والمغناطيسي..الخ.

وتعد بحوث تخزين الطاقة الشمسية من أهم مجالات التطوير اللازمة في تطبيقات الطاقة الشمسية وانتشارها على مدى واسع ، حيث إن الطاقة الشمسية رغم أنها متوفرة إلا أنها ليست في متناول اليد وليست مجانية بالمعنى المفهوم. فسعرها الحقيقي عبارة عن المعدات المستخدمة لتحويلها من طاقة

كهرومغناطيسية إلى طاقة كهربائية أو حرارية، وكذلك تخزينها إذا دعت الضرورة . ورغم أن هذه التكاليف حالياً تفوق تكلفة إنتاج الطاقة التقليدية إلا أنها لا تعطي صورة كافية عن مستقبلها لأنها آخذة في الانخفاض المتواصل بفضل البحوث الجارية والمستقبلية.

4-1 استخدامات الطاقة الشمسية:

استفاد الإنسان منذ القدم من طاقة الإشعاع الشمسي مباشرة في تطبيقات عديدة كتجفيف المحاصيل الزراعية وتدفئة المنازل، كما استخدمها في مجالات أخرى وردت في كتب العلوم التاريخية، فقد أحرق أرخميدس الأسطول الحربي الروماني في حرب عام (212) ق.م عن طريق تركيز الإشعاع الشمسي على سفن الأعداء بواسطة المئات من الدروع المعدنية، وفي العصر البابلي كانت نساء الكهنة يستعملن آنيات ذهبية مصقولة كالمرايا لتركيز الإشعاع الشمسي للحصول على النار.

حاول الإنسان منذ فترة بعيدة الاستفادة من الطاقة الشمسية واستغلالها ولكن بقدر قليل ومحدود، ومع التطور الكبير في التقنية والتقدم العلمي الذي وصل إليه الإنسان فُتحت آفاق علمية جديدة في ميدان استغلال الطاقة الشمسية.

1-4-1 الاستخدامات الحرارية:

تشمل منظومات التدفئة وتسخين المياه للأغراض المنزلية والصناعية، حيث تُعدُّ من الاستخدامات الأساسية الأكثر عملية لأنظمة الطاقة الشمسية في الأبنية السكنية. ومنظومات تحلية المياه، و منظومات تجفيف المحاصيل الزراعية، و الطباخات الشمسية، ومنظومة التبريد حيث تُعدُّ الطاقة الشمسية أفضل وسيلة للتبريد فكلما زاد الإشعاع الشمسي حصلنا على تبريد أفضل، وكانت أجهزة التبريد الشمسي أكثر كفاءة, ولكن تكلفة التبريد الشمسي تكون أعلى من السعر الحالي للتبريد من ثلاثة إلى خمسة أضعاف تكلفته الاعتيادية، ويعود السبب لارتفاع كلفة مواد التبريد الشمسي، ومعدات تجميع الحرارة وتوليد الكهرباء.

2-4-1 الاستخدامات الكهربائية:

يُعدُّ التحويل بالخلايا الشمسية من أهم وسائل تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية، وتمتاز هذه المنظومات بسهولة النصب والتشغيل والموثوقية في الإنتاج وعدم الاحتياج إلى الصيانة المستمرة وعدم تلوث البيئة وعمرها التشغيلي أكثر من (25) سنة.

ويمكن تقسيم هذه المنظومات حسب القدرة الكهربائية إلى ثلاثة أقسام:

1- تطبيقات ذات قدرة منخفضة تشمل الأجهزة و المنظومات التالية:

– الحاسبات والألعاب الإلكترونية والساعات.

– أجهزة الإذاعة المسموعة وشاحنات وسائط القدرة المنخفضة.

2- تطبيقات ذات قدرة متوسطة وتشمل المنظومات التالية:

الإنارة – أجهزة الإذاعة المرئية – ثلاجات اللقاح والأمصال – إشارات المرور والإنذار – مراوح الأسقف (التهوية) – هواتف الطوارئ – شاحنات السياج الكهربي(حيث يشحن السياج المحاط بالمزارع وأماكن تربية الحيوانات لمنعها من الاقتراب منها).

3- تطبيقات ذات قدرة متوسطة وعالية وتشمل المنظومات التالية: ضخ المياه – محطات اتصالات الموجات السنتيمترية – محطات الأقمار الصناعية الأرضية – الوقاية المهبطية لحماية أنابيب النفط والغاز والمنشآت المعدنية من التآكل – تغذية شبكة الكهرباء العامة.

5-1 بعض مشاكل استخدام الطاقة الشمسية :

إن أهم مشكلة تواجه الباحثين في مجالات استخدام الطاقة الشمسية هي وجود الغبار ومحاولة تنظيف أجهزة الطاقة الشمسية منه.

إن أفضل طريقة للتخلص من الغبار هي استخدام طرق التنظيف المستمر أي على فترات لا تتجاوز ثلاثة أيام لكل فترة، وتختلف هذه الطرق من بلد إلي آخر معتمدة على طبيعة الغبار وطبيعة الطقس في ذلك البلد .

أما المشكلة الثانية فهي خزن الطاقة الشمسية والاستفادة منها في أثناء الليل أو الأيام الغائمة أو الأيام المغبرة، ويعتمد خزن الطاقة الشمسية على طبيعة الطاقة الشمسية وكميتها، و نوع الاستخدام وفترة الاستخدام بالإضافة إلى التكلفة الإجمالية لطريقة التخزين، ويفضل عدم استعمال أجهزة للخزن لتقليل التكلفة والاستفادة بدلاً من ذلك من الطاقة الشمسية مباشرة حين وجودها فقط، و يُعدُّ موضوع تخزين الطاقة الشمسية من المواضيع التي تحتاج إلى بحث علمي أكثر واكتشافات جديدة .

والمشكلة الثالثة في استخدامات الطاقة الشمسية هي حدوث التآكل في المجمعات الشمسية بسبب الأملاح الموجودة في المياه المستخدمة في دورات التسخين، وتعتبر الدورات المغلقة واستخدام ماء خال من الأملاح فيها أفضل الحلول للحد من مشكلة التآكل والصدأ في المجمعات الشمسية.

6-1 الإشعاع الشمسي:

إن النظرية السائدة حول نشوء الشمس هي أنها تشكلت من سحابة غازية من الهيـدروجين. المرحلـة الأولى من تطور الشمس كانت التقلص التجاذبي لجزيئات الهيدروجين، وهذا التقلص سبب تصادمات عنيفة بين جزيئات الهيدروجين نتج عنها حرارة هائلة أدت إلى صهر نوى ذرات الهيدروجين، ونـتج عن ذلك تولد الطاقة وتشكل الهليوم من اتحاد نوى ذرات الهيدروجين. الكتلة الذرية للهليوم الناتج أقل من الكتلة الذرية للهيدروجين الأصلي؛ وذلك بسبب تحول الكتلة إلى طاقة في عمليـة الانصـهار. إن تفاعل الانصهار الأول في السحابة الهدروجينية نتج عنه ولادة الشمس.

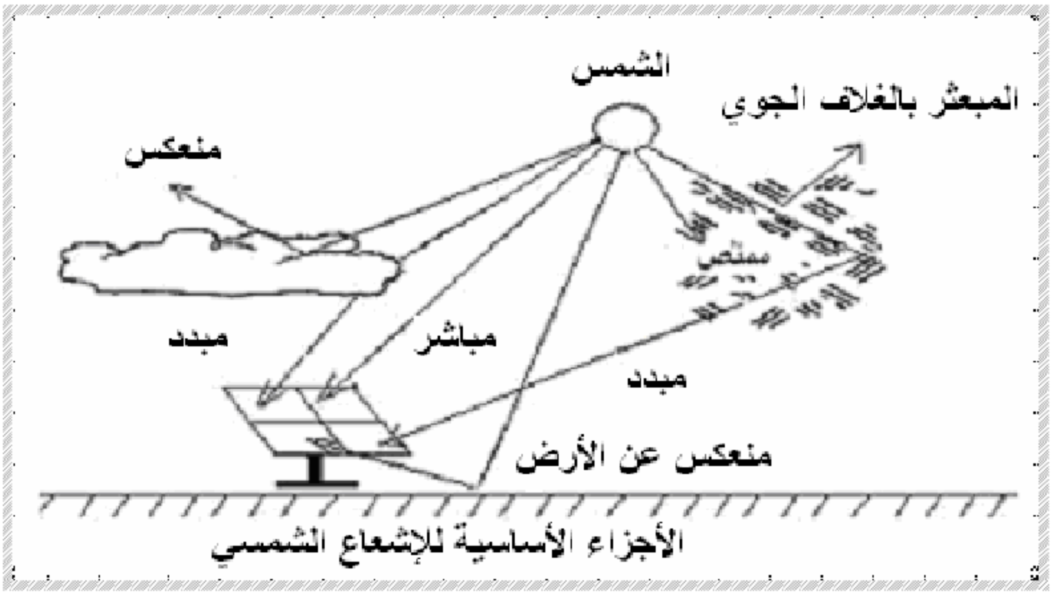
تؤدي الانصهارات النووية الحاصلة في مركز الشمس لإصدار الطاقة بشكل إشعاع كهرومغناطيسـي عالي التردد، يصدر هذا الإشعاع بجميع أطوال الموجة ابتداء من الموجات الراديوية ذات طول الموجة الطويلة إلى أشعة ذات الموجة القصيرة جدا وأشعة غاما.

يشكل الضوء المرئي 46% من الطاقة الكلية الصادرة عن الشمس و 49% من هذه الطاقة هي أشعة تحت حمراء بمثابة الحرارة، وهي أشعة بأطوال موجية أكبر من طول موجة الإشعاع الأحمـر. أمـا النسبة المتبقية من الإشعاع الشمسي فتصدر بشكل أشعة فوق بنفسجية بأطوال موجية أقصر من طول موجة الإشعاع البنفسجي، وجميع هذه الإشعاعات الكهرومغناطيسية تنتقل عبر الفضاء بمعدل ثابت.

إن حوالي 40% من الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض ينعكس إلى الفضاء بسبب الغيوم والغلاف الجوي وبعض السطوح كالماء والثلج والرمل، والجزء الآخر من الإشعاع الشمسي في أثناء مـروره عبر الغلاف الجوي يتبعثر في كل الاتجاهات، يسقط قسم من هذا الإشعاع المبعثر على سطح الأرض وتقوم الغيوم والغبار ببعثرة قسم منه، و القسم المتبقي يقوم بامتصاصه بخار المـاء وثـاني أوكسـيد الكربون والأوزون الموجود في الغلاف الجوي. وتبلغ قيمة معدل الإشعاع الشمسـي السـاقط علـى المحيط الخارجي للأرض ($1357 W/m^2$) وهو ما يعرف بالثابت الشمسي.

تتكون مجموعة الإشعاعات التي ترتطم بسطح الخلية الكهروشمسية أو بمساحة معينـة علـى سـطح الأرض كما هو موضح في الشكل رقم (1−1) من ثلاثة أجزاء أساسية[12] وهي:

1- حزمة الإشعاع المباشر (Direct Beam Radiation).
2- حزمة الإشعاع المبعثر (Diffuse Radiation).
3- حزمة الإشعاع المعكوس (Albedo Radiation).



الشكل (1-1)
الأجزاء الأساسية للإشعاع الشمسي الساقط على سطح الخلية الكهروشمسية

الجزء الأول يعرّف نفسه وهو عبارة عن شعاع مباشر أي في خط مباشر من الشمس إلى الأرض ويشكل نسبة كبيرة من هذه الأجزاء في الأيام المشمسة. أما في الأيام الغائمة فإن الشمس مغطّاة بالغيوم و الشعاع المباشر يكون تقريبا معدوم، وبالتالي: تشكل الحزمة الضوئية المبعثرة الأغلبية العظمى في ذلك اليوم.

وبما أن هذا الشعاع يأتي من أنحاء متفرقة من السماء فيطلق عليه اسم إشعاع السماء، وتكون كميته حوالي 10% إلى 20% للسماء الصافية وبحدود 100% للسماء الغائمة. أما الجزء الثالث والأخير فهو مكمل للحزمة الضوئية الكاملة التي ترتطم بالخلية الكهروشمسية، وهو عبارة عن الإشعاعات الشمسية المنعكسة بواسطة الوسائط المختلفة المحيطة بالخلية.

إنّ كمّية الإشعاع المنعكس على سطح الخلية يكون مختلف الكمية بسبب اختلاف السطوح العاكسة للشعاع و الجدول(1-1) يحتوي على بعض السطوح العاكسة الموجودة ومعاملات انعكاس كل سطح لأن ذلك يؤخذ في الحسبان عندما نريد إيجاد كمية الشعاع الساقط على نقطة معينة من الأرض.

بعض المواد العاكسة للإشعاع الشمسي ومعاملات انعكاسها

Materials	Reflection Coefficient(ro)
Snow	0.7-0.87
Concrete	0.31-0.33
Tar and gravel roofs	0.12-0.15
Asphalt paved roads	0.10-0.12

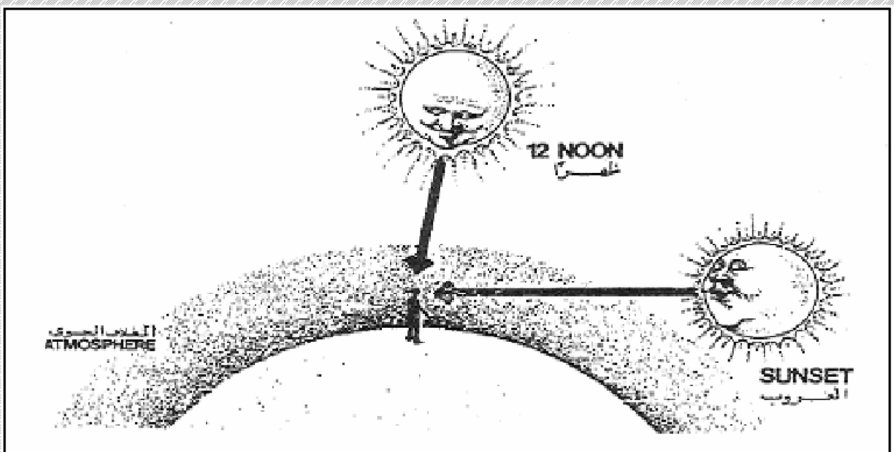
جدول 1. المواد العاكسة ومعاملات الانعكاس لكل مادة

الجدول(1-1)

بالإضافة إلى مكونات طبقة الغلاف الجوي إن العامل الأكثر أهمية في تحديد مقدار الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض هو سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي.

عند منتصف النهار تكون الشمس عمودية، وبالتالي: تكون سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي أصغرية والطاقة الواصلة للأرض تكون أعظمية، أما عند الشروق و الغروب فإن سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي تكون أعظمية والطاقة الواصلة للأرض تكون أصغرية كما في الشكل (1-2).

ولهذا السبب فان حجم طاقة الإشعاع الشمسي يكون مرتفعا في المناطق ذات الارتفاع الكبير عن سطح البحر.



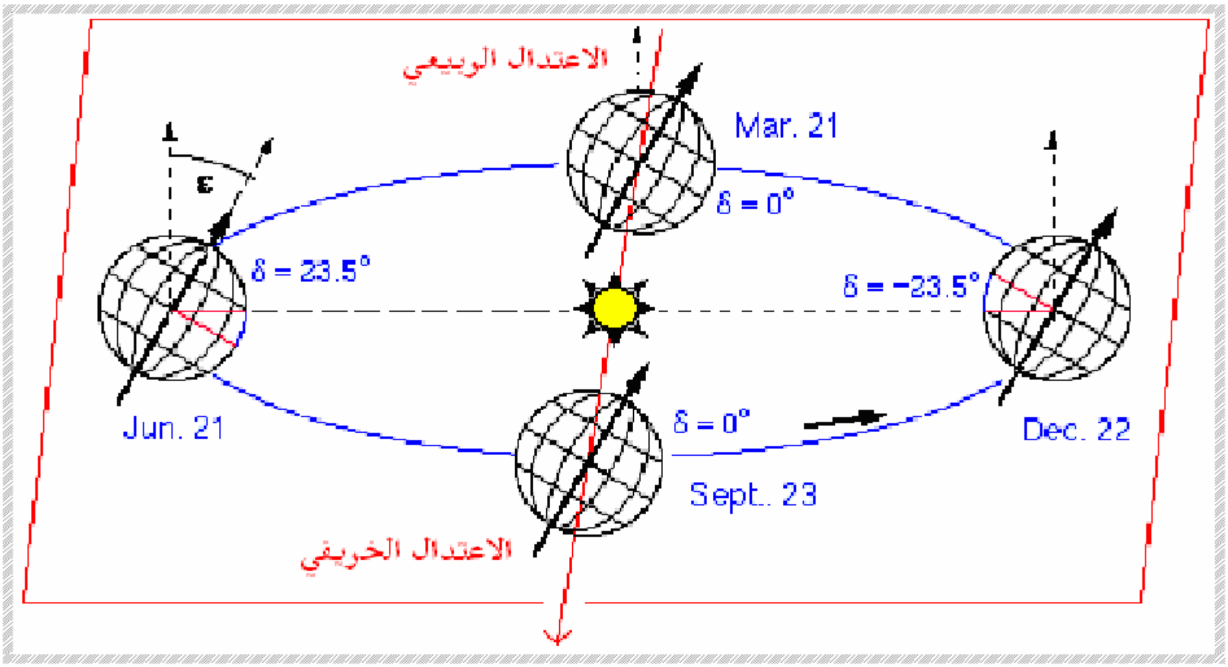
سماكة الغلاف الجوي تحدد شدة الإشعاع الشمسي المباشر

الشكل (1-2)

تأثير سماكة الغلاف الجوي على الإشعاع الشمسي المباشر

أيضا نلاحظ تغير شدة الإشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء بسبب ميل الأرض و دورانها حول الشمس. فيكون القطب الشمالي في شهر حزيران مواجها للشمس، ولهذا تنطلق الأشعة الشمسية إلى الجزء الشمالي من الكرة الأرضية بصورة عمودية تقريباً. أما في شهر كانون الأول فإن القطب الشمالي ينحرف بعيداً عن الشمس باعثة أقل كثافة من الطاقة كمافي الشكل(1-3).

(تعرف كثافة الطاقة بأنها مقدار الطاقة الساقطة مقدرة الكيلواط–ساعة على المتر المربع من سطح الأرض في زمن معين).



الشكل(1−3)

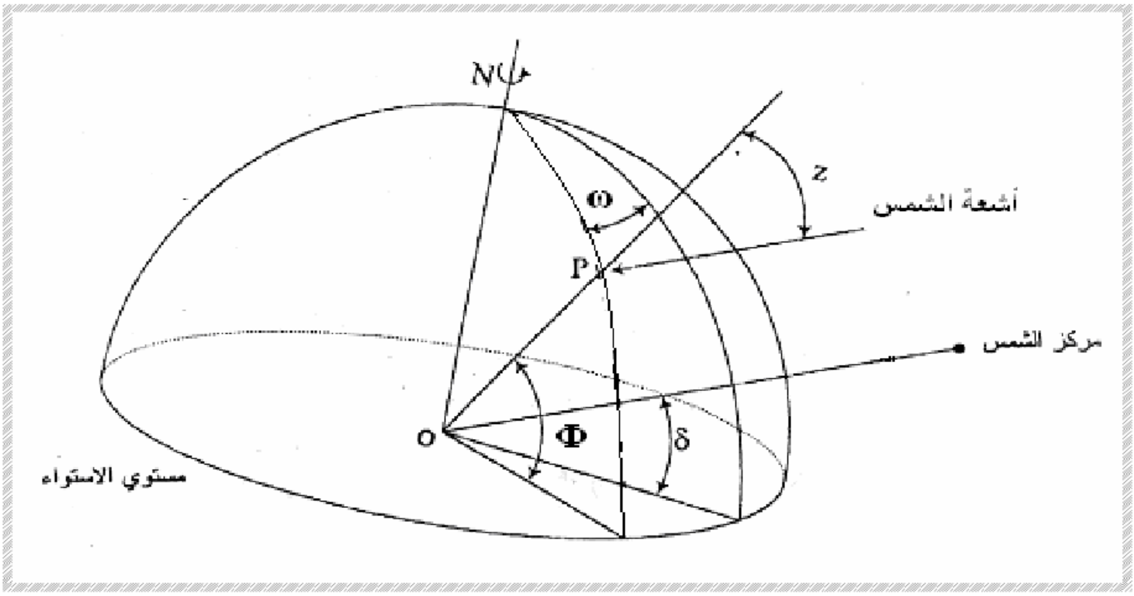
تغير شدة الإشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء

1-7 <u>الزوايا الشمسية</u>:

بما أن شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض تابع لموقع سطح الأرض بالنسبة للشمس فإنه من الضروري تحديد بعض الزوايا الهندسية الموضحة للعلاقة بين سطح الأرض والشمس و الشكل(1−4) يبين نقطة على سطح الأرض مواجهة لأشعة الشمس .

1- خط العرض(Φ):

خط العرض لنقطة ما: هو الموقع الزاوي للنقطة المدروسة بالنسبة إلى مستوي خط الاستواء, ويفرض خط العرض موجب شمال خط الاستواء، وحسب الشكل(1−4) هو الزاوية بين الخط op ومسقطه على مستوي خط الاستواء.



الشكل(1−4)

خط العرض Φ, الانحراف الساعي ω, الانحراف الشمسي δ

2- زاوية الانحراف الشمسي (δ) :

تعرف بأنها المسافة الزاوية لأشعة الشمس بالنسبة لمستوي خط الاستواء، شمالا تفرض موجبة. وحسب الشكل(1-4) هي الزاوية بين الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس ومسقط هذا الخط على مستوي خط الاستواء .

نتيجة للطبيعة الإهليلجية لمسار الأرض حول الشمس فإن قيم زاوية الانحراف تتغير بين (+23.5º) في الانقلاب الصيفي و (-23.5º) في الانقلاب الشتوي . نتيجة لذلك فإن قيمة زاوية الانحراف (بالدرجات) لأي يوم بالسنة يمكن اعتبارها ثابتة وتحسب من العلاقة التجريبية التالية :

$$\delta = 23.45 Sin\left[\frac{360}{365}(284+n)\right] \qquad (1-1)$$

حيث : n هو رقم اليوم في السنة.

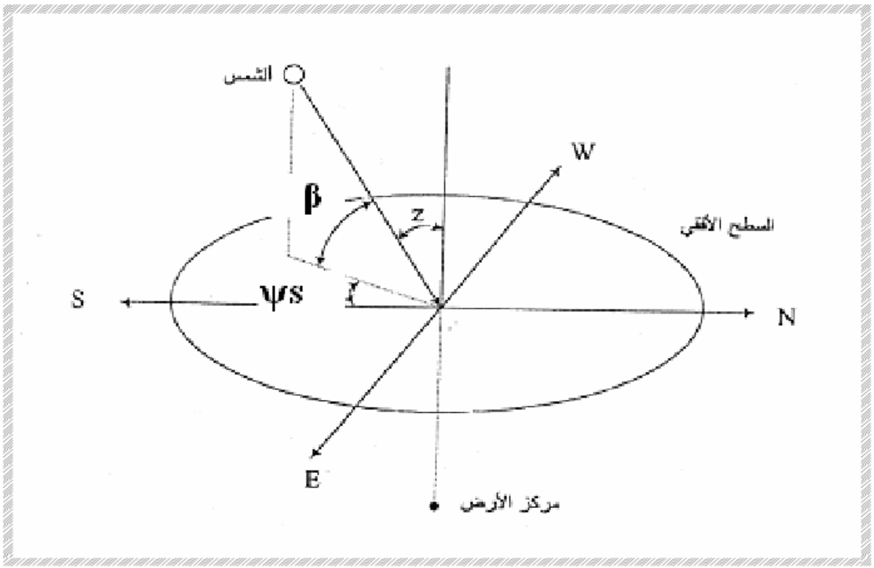
3- الزاوية الساعية(ω) :

الزاوية الساعية لنقطة ما على سطح الأرض هي الزاوية الواجب أن تدورها الأرض لتضع خط طول هذه النقطة تحت الشمس مباشرة وحسب الشكل هي الزاوية المقاسة على مستوي خط الاستواء بين مسقط خط الطول ومسقط الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس .

الزاوية الساعية عند الظهيرة تساوي الصفر وتفرض موجبة بعد الظهر حيث إن تحرك الأرض على خط الطول يستغرق ساعة واحدة لذلك يمكن كتابة الزاوية الساعية بالدرجات كمايلي:

$$\omega = \pm \frac{1}{4}(\text{number of minutes from local solar noon}) \qquad (1-2)$$

حيث: الإشارة الموجبة تدل على ساعات بعد الظهر والإشارة السالبة تدل على ساعات الصباح .
بالإضافة للزوايا الهندسية الثلاث الموضحة في الشكل(1-4) فمن الملائم لحساب الإشعاع الشمسي تحديد موقع الشمس بالنسبة للسماء من خلال الزوايا الموضحة في الشكل(1-5).



الشكل(1−5)

زاوية السمت الرأسية Z , زاوية الارتفاع β, زاوية السمت الأفقية Ψs

4- زاوية السمت الشمسي الرأسية(z):
هي الزاوية بين أشعة الشمس والشاقول.
5- زاوية الارتفاع الشمسي (β):
هي الزاوية بين أشعة الشمس والمستوي الأفقي .

$$Z + \beta = \frac{\pi}{2} = 90^{\circ} \qquad (1-3)$$

وهكذا نجد أن العلاقة بين هذه الزوايا معطاة كما يلي :

$$\cos Z = \sin \beta = \sin \Phi . \sin \delta + \cos \Phi \cos \delta \cos \omega \qquad (1-4)$$

6- زاوية السمت الشمسي الأفقية(Ψs) :
هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين الجنوب ومسقط أشعة الشمس، و الاتجاه نحو الغرب يُعدُّ موجباً، هذه الزاوية تحسب وفقا للعلاقة التالية :

$$\cos\psi s = \frac{\sin\beta\sin\Phi - \sin\delta}{\cos\beta\cos\Phi} \qquad (1-5)$$

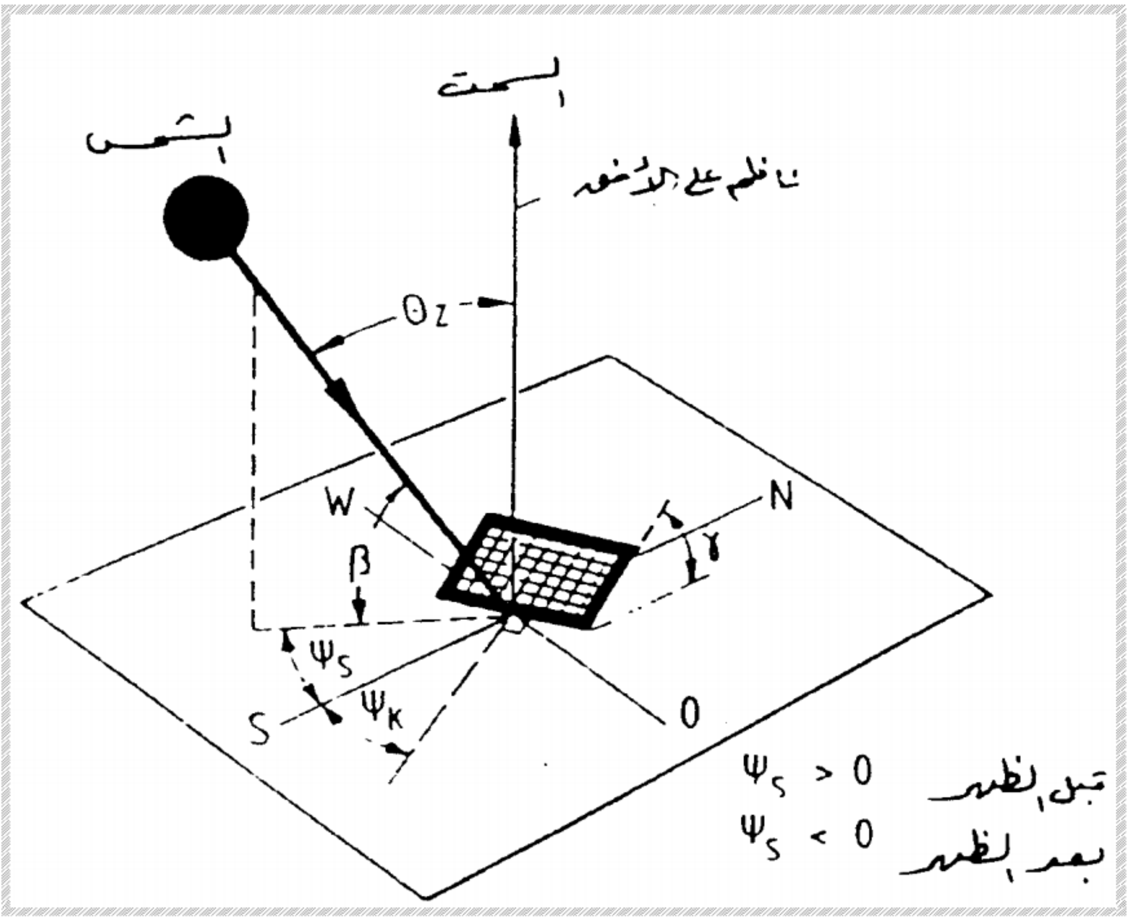
لحساب الإشعاع الشمسي الساقط على السطح المائل من الضروري حساب ثلاث زوايا أخرى تتعلق باتجاه السطح كما يتضح من الشكل(6-1).

7- زاوية ميل السطح(γ):

هي الزاوية بين السطح والمستوي الأفقي .

8- زاوية سمت السطح (Ψk) :

هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين مسقط المستقيم المتعامد مع السطح والجنوب والاتجاه نحو الغرب يُعدُّ موجباً.



الشكل(6-1)

زاوية ميل السطح γ، زاوية سمت السطح Ψk، زاوية سقوط الإشعاع θ_k

9- زاوية السقوط الشمسي(θ_k):

هي الزاوية بين أشعة الشمس والخط العمودي على السطح . للسطح الأفقي يكون ($z=\theta_k$).

والمعادلة التالية تبين العلاقة بين هذه الزوايا والزوايا السابقة لأي سطح معطى :

$$\cos \theta k = \sin \beta \cos \gamma + \cos \beta \sin \gamma \cos(\psi s - \psi k) \qquad (1-6)$$

8-1 شدة الإشعاع الشمسي على الأسطح الأفقية و المائلة :

تتوقف شدة الإشعاع الساقط على سطح الأرض لموقع محدد عند زمن ما على توجيه السطح و ميلـه. علماً أن السطح المتعامد مع أشعة الشمس سوف يستقبل أكبر كمية من الإشعاع الشمسي، لكن عمليـة تتبع الشمس غالباً ما تكون مكلفة و غير عملية في كثير من الحالات. تبين أن الحل الأكثر ملائمة هو باستخدام المجمعات المائلة في الإنشاءات العملية. وبالتالي: من الضروري حساب الإشعاع الشمسـي الساقط على الأسطح المائلة.

يبين الشكل(1−7) الإشعاع المباشر الساقط على الأسطح الأفقية والمائلة وهكذا نستطيع كتابة العلاقات التالية :

شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض في يوم صحو يمكن التعبير عنه بالعلاقة التالية :

$$E_{dirs} = A \cdot e^{-\frac{B}{\sin\beta}} = A \cdot e^{-Bm} \qquad (1-7)$$

$E_{dirs}(W/m^2)$: الإشعاع الشمسي المباشر عند سقوط حر .

$A(W/m^2)$: الإشعاع الشمسي النظري عند كثافة هواء تساوي الصفر .

B معامل توهين الغلاف الجوي.

β زاوية ارتفاع الشمس.

m كثافة الهواء .

وبالتالي: فإن الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي يحسب من العلاقة التالية:

$$E_{dir.h} = E_{dir.s} \sin\beta \qquad (1-8)$$

تغير قيم A,B يتوقف على التغير السنوي للمسافة بين الأرض والشمس والتغير الفصلي في محتوى الغلاف الجوي من الرطوبة ومكونات أخرى. الجدول (1-2) يعطي قـيم A,B,C لليـوم الحـادي والعشرين من كل شهر.

يجب في الأماكن التي يغلب عليها الجو الصافي والجاف (الأماكن المرتفعة) أو الأماكن التي يســود فيها الجو الغائم والرطب ضرب القيم الناتجة من العلاقة(1-10) بمعامل الصفاء .

يعطي كتاب ASHREA للتطبيقات (الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء) علاقة مبسطة لحساب الإشعاع المبدد من السماء والساقط على سطح اختياري على الأرض كنسبة من الإشعاع الشمسي المباشر الساقط بشكل حر كما يلي [2]:

$$E_{dfu} = C \cdot E_{dir.s} \cdot F_{ss} \qquad (1-9)$$

E_{dfu}(W/m²) الإشعاع الشمسي المبدد من السماء.

C معامل تشتيت الإشعاع الشمسي معطى في الجدول (1-2)

Fss المعامل الزاوي بين السطح والسماء , حيث :

$F_{ss} = 0.5(1-\cos\gamma)$ لسطح كيفي يميل بزاوية γ

Fss = 0.5 للسطح العمودي

Fss = 1.0 للسطح الأفقي

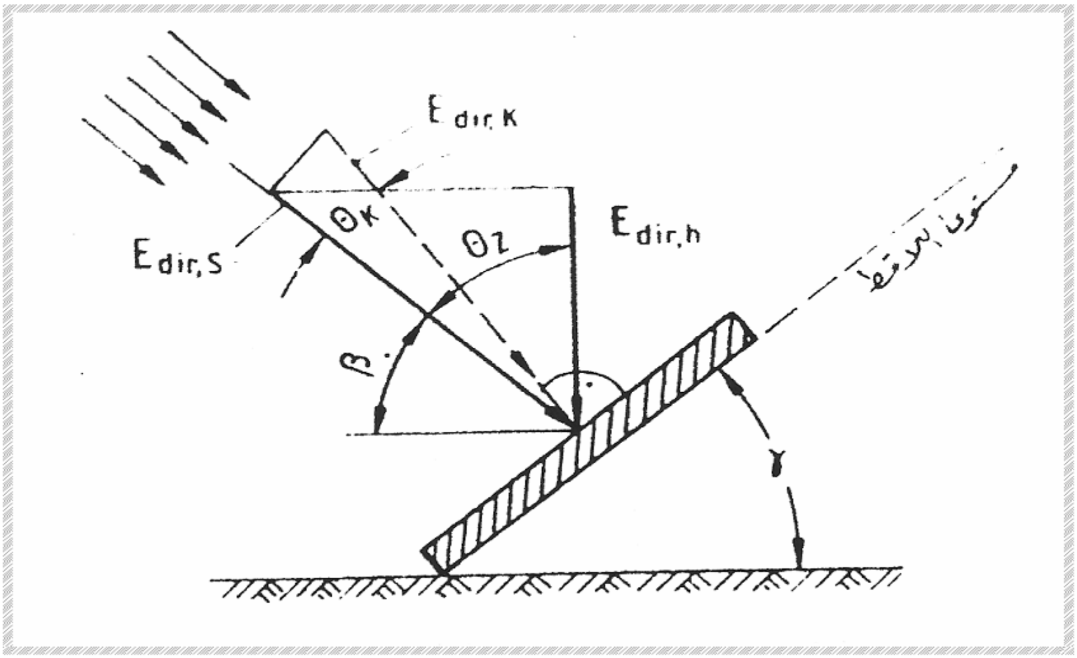
أخيراً الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي هو مجموع الأشعة المباشرة والمبددة:

$$H = E_{dir.h} + E_{dfu} \qquad (1-10)$$

ثوابت لعلاقات ASHRAE لليوم 21 من كل شهر

الشهر	A W/M^2	B لا بعدي	C لا بعدي
Jan.	1230	0.142	0.058
Feb.	1215	0.144	0.060
Mar.	1185	0.156	0.071
April	1136	0.180	0.097
May	1104	0.196	0.121
June	1088	0.205	0.134
July	1085	0.207	0.136
Aug.	1107	0.201	0.122
Sept.	1152	0.177	0.092
Oct.	1193	0.160	0.073
Nov.	1221	0.149	0.063
Dec.	1234	0.142	0.057

الجدول (2-1)



الشكل(1-7)

الإشعاع المباشر الساقط على الأسطح الأفقية و المائلة [2]

$$\cos\,\theta_K = \frac{H_{Bt}}{H_{Bn}} \qquad (1-11)$$

$$\cos z = \frac{H_B}{H_{Bn}} \qquad (1-12)$$

حيث: H_{Bt} الإشعاع المباشر على السطح المائل [W/m²]

تعطى شدة الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الأسطح المائلة بشكل اختياري بالعلاقة التالية:

$$H_t = E_{dir.h} R_B + E_{dfu}\left(\frac{1+\cos\,\gamma}{2}\right) + H\rho_g\left(\frac{1-\cos\,\gamma}{2}\right) \qquad (1-13)$$

حيث : ρ_g معامل انعكاس الأرض للأشعة المباشرة والمبددة وفي الحسابات الحالية تؤخذ ثابتة .

R_B معامل ميل الإشعاع المباشر.

الفصل الثاني

توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية

يمكن للطاقة الشمسية أن تتحول إلى طاقة كهربائية بطريقتين أساسيتين هما: التحول الحراري، والتحول المباشر باستخدام الخلايا الكهروشمسية(وهذا موضوع البحث).

1-2 التحويل المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية:

تُعدُّ الخلايا الكهروشمسية أحد أهم الأساليب المعروفة والأكثر تفضيلاً لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية في المستقبل القريب ، ويتصف هذا الأسلوب بمزايا عديدة مقارنة مع الأسلوب الترموديناميكي أهمها :

1- عدم الحاجة إلى تنظيم المراحل والعمليات الحرارية اللازمة .

2- تُعدُّ بنية محطات القدرة العاملة بهذا الأسلوب أبسط بكثير، حيث إنها تحتوي ألواحاً ثابتة مما يعطي إمكانية إنقاص وأحياناً الاستغناء كلياً عن صيانة مثل هذه المحطات ، وبالتالي: سيكون استثمارها سهلاً في المناطق البعيدة حيث لا يتوفر الكادر الفني المختص، وبالتالي: فإن مصاريف التشغيل والصيانة قليلة.

3- إمكانية تصميم خلايا كهروشمسية بحجوم مختلفة ومهام متنوعة و يمكن أن تتألف من أقسام مستقلة، وبمردود عمل يتطابق مع مردود الخلية بكاملها.

4- وجود إمكانية كبيرة لتطوير وتصنيع الخلايا الكهروشمسية (العنصر الرئيس في المحطات الكهروشمسية) وذلك بهدف إنقاص حجمها وكلفتها وزيادة استطاعتها.

5- تُعدُّ الخلايا الكهروشمسية ذو موثوقية عمل عالية.

وبالإضافة لذلك فإن الخلايا الكهروشمسية قادرة على العمل بكفاءة وجودة عالية ولمدة طويلة غير محدودة .

إن السبب الرئيس لعدم انتشار الخلايا الكهروشمسية المصنعة من أنصاف النواقل في الحياة العملية هو ارتفاع أسعارها ، حيث كانت الكلفة النوعية لإنتاج واحد واط من الاستطاعة المركبة تساوي (50$) عام 1970م أما في عام 1988 وبفضل تقدم تكنولوجيا إنتاج الخلايا الكهروشمسية وتحسين نوعية

العمل فقد انخفضت هذه الكلفة حتى (5 $) ، وينخفض في الوقت الحالي ثمن الخلايا الكهروشمسية باستمرار .

تُعدُّ مادة السيليكون أحد أهم أنصاف النواقل المستخدمة في تصنيع الخلايا الكهروشمسية التي تُعدُّ بسيطة التركيب وأصبحت مدروسة بشكل جيد ، ففي عام 1954 تمت صناعة أول خلية كهروشمسية سيليكونية في معهد بل لابس Bell labs في الولايات المتحدة الأمريكية بمردود (6 %) .

ومن الجدير بالذكر أن السيليكون كمادة نقية لا يوجد في الطبيعة على حالة منفردة بل في صورة متحدة، وهو من أكثر العناصر انتشاراً على سطح الأرض بعد الأوكسجين، وهو موجود في الطبقات الخارجية للأرض ويوجد في الطبيعة في صورة أكسيد سيليكا.

2-2 تعريف الخلايا الكهروشمسية:

الخلايا الكهروشمسية محولات تأخذ الطاقة من أشعة الشمس وتحولها إلى نوع آخر من الطاقة حيث تقوم الخلايا الشمسية بتحويل نور الشمس إلى كهرباء وتطرد كمية كبيرة من الحرارة بدون أية إجراءات مؤثرة (ضوضاء أو تلوث أو إشعاع أو صيانة ..).

توجه ألواح الخلايا الكهروشمسية بزاوية ميل مناسبة في مواجهة الشمس كي تسقط أشعة الشمس عمودياً عليها. تحوّل الخلايا الشمسية الطاقة الشمسية مباشرة إلى قدرة كهربائية بدون عمليات وسيطية، فهي تمتص معظم الطيف الشمسي وتحول جزءاً من هذه الإشعاعات إلى طاقة كهربائية و يمكن استخدامها في الحال أو تخزينها .

وتصمم المنظومات من هذا النوع أساساً لأجل المنشآت في المواقع البعيدة لفترات طويلة حيث تتصف مثل هذه المواقع عادة بقساوة عالية في طقسها، لذلك يجب أن تكون هذه المنظومات ذات مقاومة عالية للرياح والرطوبة والبرد والعواصف الرملية، وأن تحاط بتصميم ضد هجمات الطيور والحيوانات والتآكل ، لهذا فإن المواد الأساسية التي تثبت بها الخلايا يجب أن تقاوم هذه الأشياء المحيطة ومعدن هذه الخلايا لا يتعرض للتآكل، وهذه نقطة مهمة جداً حيث تصنع غالبية الخلايا الكهروشمسية من السيليكون وهو نصف معدن وقد يكون عازلاً وناقلاً. في حالته كناقل لا تكون إلكترونات ذراته مرتبطة بإحكام مما يؤدي إلى جريانها بسهولة عندما يطبق عليها جهد كهربائي ، بينما تكون إلكترونات ذراته في حالة العازل مرتبطة بشدة ولا يحدث جريان للإلكترونات عندما يطبق عليها الجهد الكهربائي.

ومن أسباب اختيار السليكون أنه:

1- عالي التوصيل الحراري.

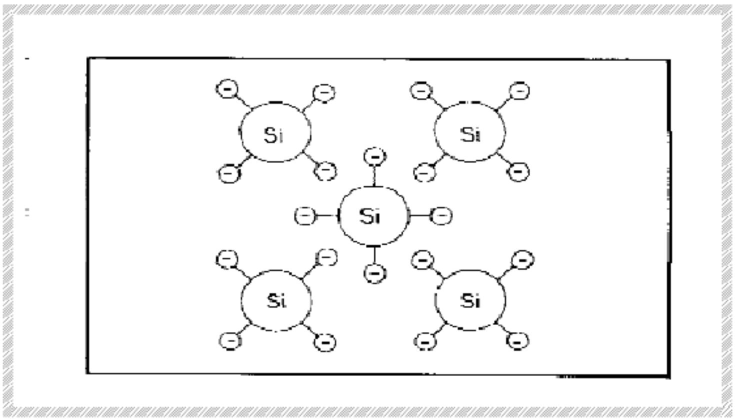
2- الثبات الجيد مع الطقس المحيط.

3- عازل ممتاز للكهرباء.

4- عالي القدرة.

3-2 مكونات الخلية الكهروشمسية:

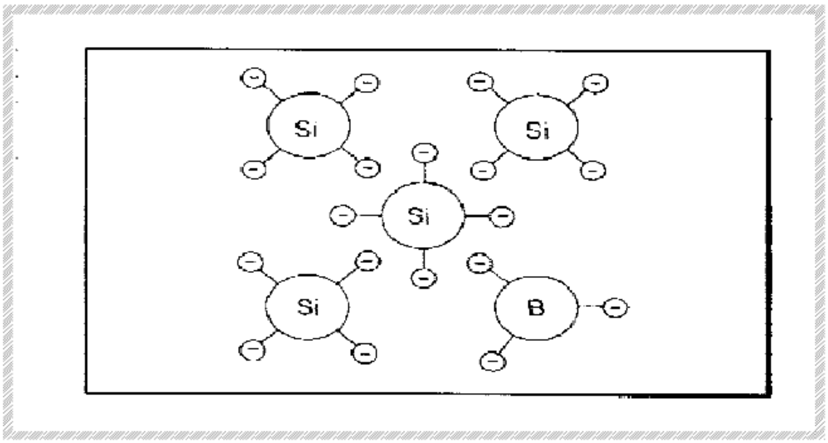
تتكون الخلية الكهروشمسية من طبقة رقيقة من مادة السيليكون، هذه المادة هي إحدى مواد أشباه النواقل المعروفة. تمتلك ذرة السيليكون أربع إلكترونات تكافؤية و تشترك مع ذرات السيليكون المجاورة في رابطة تساهمية (تشاركية) كما في الشكل (2-1) [6].



الشكل (2-1)

البنية الذرية للسيليكون

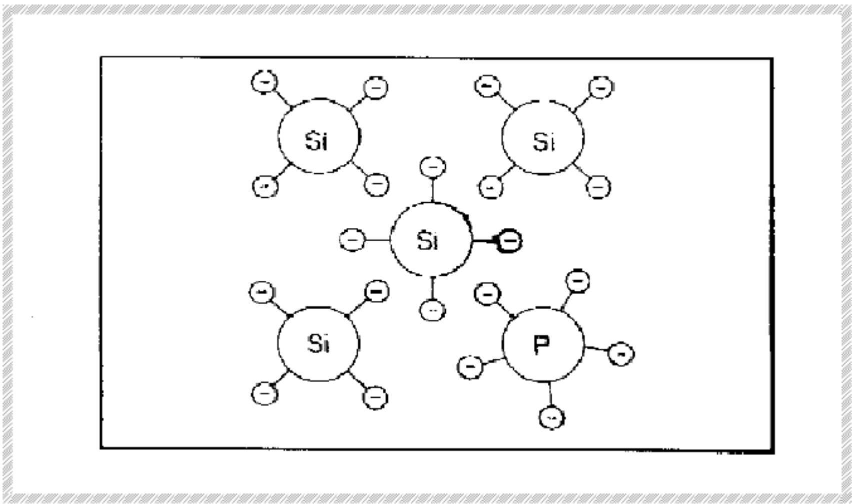
لتوليد الشحنة الموجبة في الخلية الكهروشمسية تُدخل ذرات البورون التي تمتلك ثلاث إلكترونات تكافؤية في تركيب السيليكون الصافي. ترتبط هذه الذرات مع ذرات السيليكون ويتشكل ثقب إيجابي الشحنة بدلاً من الإلكترون الرابع المفقود. تسمى مادة السيليكون مع شوائب البورون ناقلاً إيجابياً أو من النوع (p) كما في الشكل (2-2) [6].



الشكل (2-2)

ناقل من النوع(p)

لتوليد الشحنة السالبة في الخلية الكهروشمسية تُدخل ذرات الفوسفور التي تمتلك خمس إلكترونات تكافؤية في تركيب السيليكون الصافي، ترتبط هذه الذرات مع ذرات السيليكون ويتشكل إلكترون سلبي الشحنة. تسمى مادة السيليكون مع شوائب الفوسفور ناقلاً سلبياً أو من النوع (n) كما في الشكل(2-3).

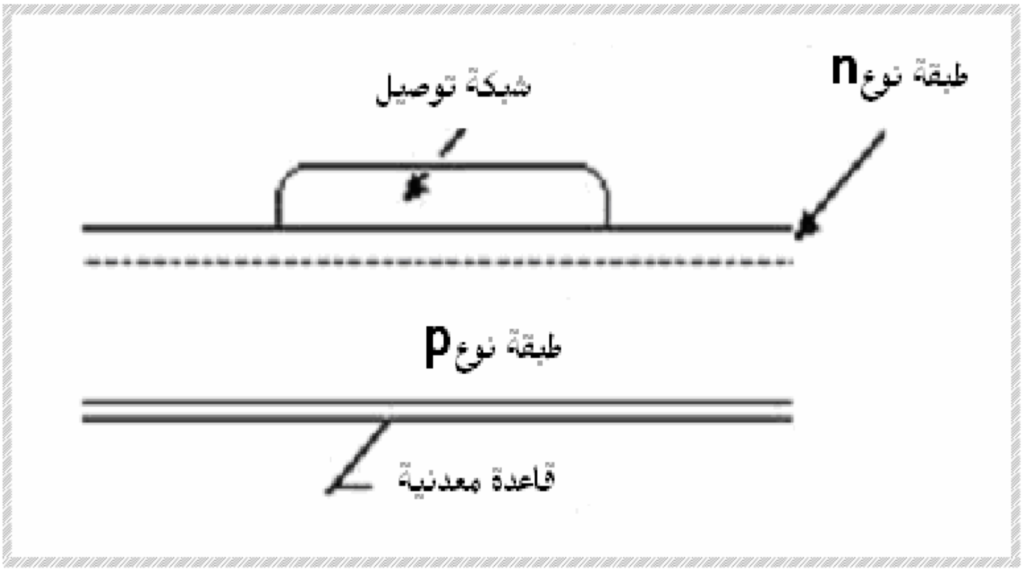


الشكل (3-2)

ناقل من النوع(n)

تُصنع الخلايا الكهروشمسية بوضع طبقة من النوع (n) و طبقة من النوع (p) معاً, بهذا نكون قد حصلنا على المأخذ الموجب و المأخذ السالب للخلية الكهروشمسية [6].

الشكل (2-4) يوضح التركيب الأساسي للخلية الكهروشمسية.



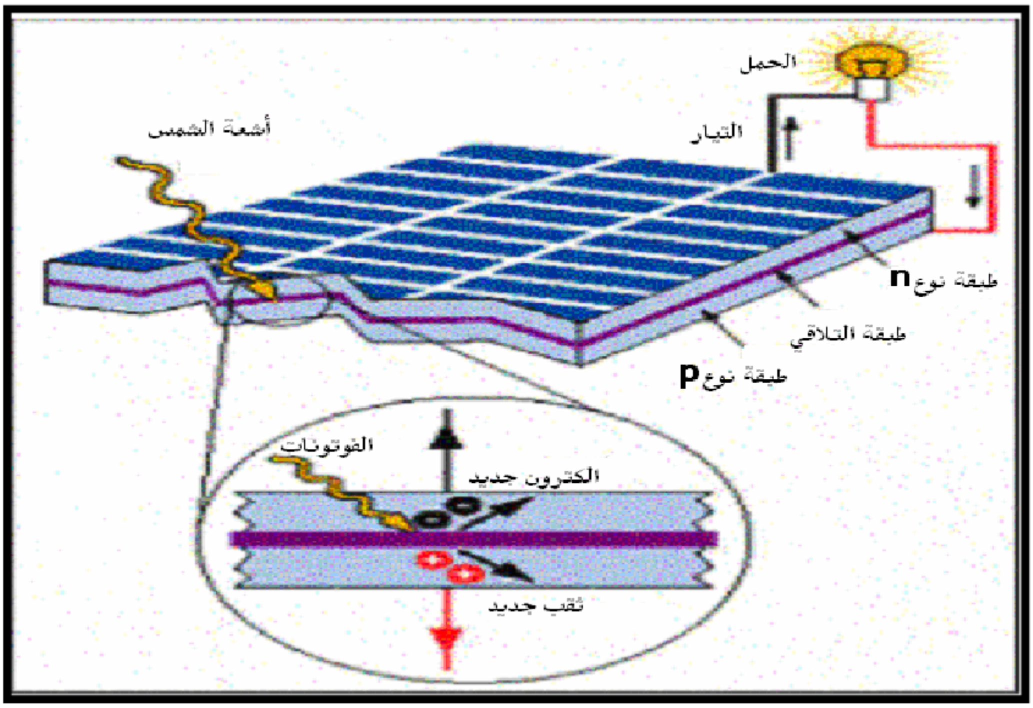
الشكل (2-4)

التركيب الأساسي للخلية الكهروشمسية

4-2 طريقة عمل الخلية الكهروشمسية:

من الشكل (2-5) نلاحظ أنه عند سقوط ضوء الشمس على الخلية يمر هذا الضوء من خلال سطح الخلية، ويُمتص جزء منه بواسطة الطبقة الأولى للخلية وهي الطبقة التي تحتوي على الفوسفور، أما أغلبية الضوء الساقط على هذه الخلية فيقوم بامتصاصه الجزء الخاص بذلك أي الطبقة التي تحتوي على خليط السيليكون بالبورون.

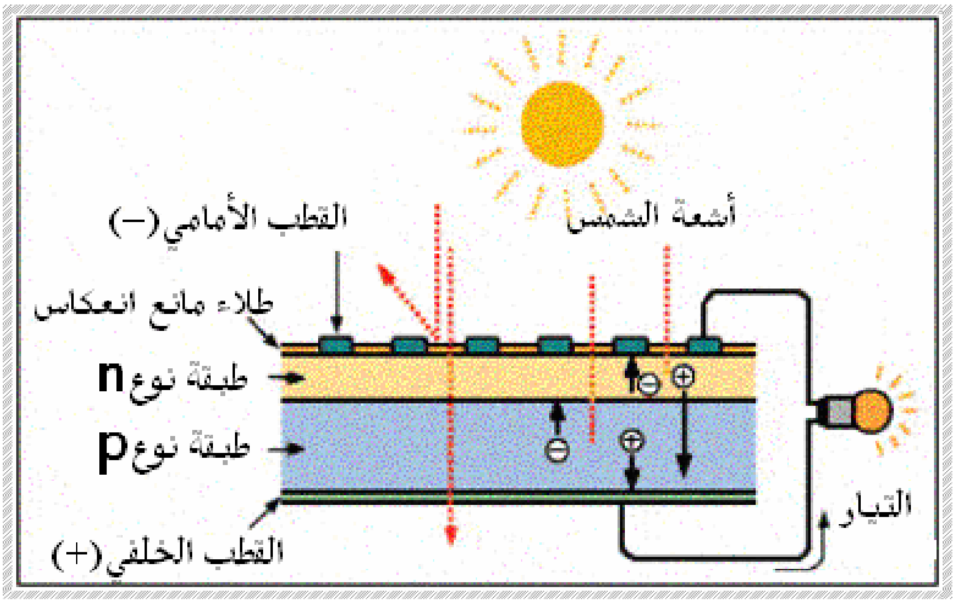
يتكون من خلال هذه العملية إلكترونات حرة الحركة يمكنها السريان خلال الموصل الكهربائي في أطراف الخلية، وتزداد هذه الحركة بزيادة كثافة الضوء الساقط على الخلية, وبالتالي: يتشكل التيار الكهربائي المستمر. من هنا يمكننا توصيل حمل كهربائي على أطراف هذه الخلية والاستفادة من حركة الإلكترونات الناتجة من تسليط ضوء الشمس على الخلية [12].



الشكل(5-2)

مبدأ عمل الخلية الكهروشمسية

يبين الشكل (6-2) مكونات خلية كهروشمسية، حيث تتألف الخلية الكهروشمسية المثالية من غطاء زجاجي لختم الخلية وإلكترودين أحدهما خلفي والآخر أمامي وطبقات من شبه المعدن.



الشكل (6-2)

مكونات الخلية الكهروشمسية

5-2 أنواع الخلايا الكهروشمسية:

1-5-2 الخلايا السليكونية:

أ-الخلايا السليكونية أحادية البلورة (monocrystalline silicon sells):

معظم الخلايا السليكونية الأحادية البلورية المتوفرة في الأسواق ذات كفاءة تقـارب 15%, وتعـرف الكفاءة بأنها النسبة المئوية من الطاقة الشمسية الساقطة على اللوح الكهروشمسي التي يتم تحويلها إلى كهرباء. وبالرغم من ميزة الكفاءة العالية التي تختص بها الخلية الكهروشمسية الأحادية البلورة فـإن سعرها مرتفع جداً لكونها مصنعة من سليكون أحادي البلورة وعالي النقاوة حيث طريقة التصنيع عالية التكاليف وتحتاج إلى عمال مهرة. الشكل (2-7) يبين لوحـاً كهروشمسـياً مصـنوعاً مـن خلايـا كهروشمسية أحادية[8].



الشكل (2-7)

لوح كهروشمسي مصنوع من خلايا كهروشمسية أحادية

ويتم حالياً تصنيع بعض الخلايا من سليكون أقل نقاوة، وهذه الخلايا تكون أرخص سعراً وتنتج بكلفة أرخص باستخدام عمليات مختلفة قليلة الكلفة لكنها ذات كفاءة أقل وعمر زمني أقل.

ب–الخلايا السليكونية المتعددة البلورات (polycrystalline silicon cells):

بالرغم من كون الخلايا الكهروشمسية المتعددة البلورات أرخص وأسهل تصنيعاً من الخلايا الأحادية البلورة بسبب النقاوة الأقل للمادة الأولية إلا أنها أقل كفاءة، وذلك كون حاملات الشحنة (الإلكترونات والثقوب) المولّدة من قبل فوتونات الإشعاع الشمسي يمكن أن تتجمع على الحدود بين الحبيبات داخل السليكون المتعدد البلورات, وقد وُجد أن كفاءة هذه الخلايا تتحسن عند عملية تصنيع المادة بطريقة تكون فيها الحبيبات كبيرة الحجم، ويتم ذلك بتبريد السليكون المذاب ببطئ ثم توجه الخلايا من الأعلى إلى الأسفل، وذلك للسماح للإشعاع الشمسي بالتغلغل بعمق خلال الحبيبات. الشكل (2-8) يبين لوحاً شمسياً مصنوعاً من خلايا كهروشمسية متعددة البلورات[8].



الشكل (2-8)

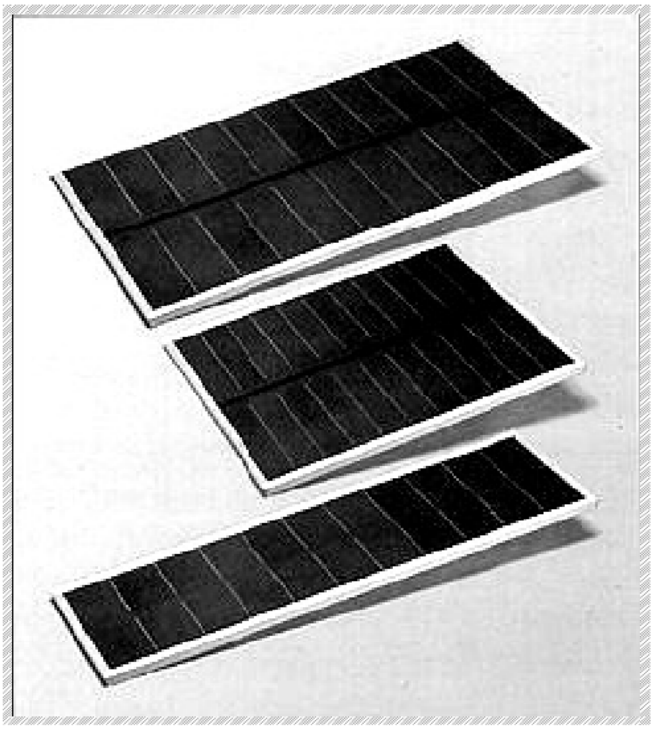
لوح شمسي مصنوع من خلايا كهروشمسية متعددة البلورات

تصل كفاءة الخلايا السليكونية المتعددة البلورات إلى 12% أو أكثر بقليل.

ج– **الخلايا السليكونية العشوائية** (amorphous silicon sells):

يمكن تصنيع الخلايا الكهروشمسية بطريقة أرخص من طرق تصنيع الخلايا السليكونية الأحادية والمتعددة البلورات، وهذه الخلايا تسمى بالخلايا السليكونية العشوائية (A-Si) حيث تكون ذرات السليكون فيها أقل ترتيباً من النوع البلوري. ففي السليكون العشوائي لا ترتبط كل ذرة ارتباطاً كاملاً

مع الذرات المجاورة، إنما تترك ما يسمى بالرباط المتدلي، وتستطيع امتصاص إلكترونات إضافية عند إجراء عملية الطلاء. الشكل (2-9) يبين لوحاً شمسياً مصنوعاً من خلايا كهروشمسية عشوائية[8].



الشكل (2-9)

لوح شمسي مصنوع من خلايا كهروشمسية عشوائية

ومن سلبيات هذه الخلايا قلة كفاءتها مقارنة بالخلايا السليكونية البلورية الأحادية والمتعددة البلــورات, وأعلى كفاءة تم الحصول عليها مخبرياً لا تتجاوز (12%).

د– الخلايا السليكونية الشريطية: يتم في هذه الطريقة إنتاج شريط من السليكون الأحــادي البلوريــة باستخدام سليكون متعدد البلورية أو من سليكون أحادي مذاب.

2-5-2 خلايا الغاليوم أرسنايد:

ليس السليكون المادة الوحيدة الملائمة للاستخدام في تصنيع الخلايا الكهروشمسية, فهناك مواد أخــرى يمكن استخدامها كالغاليوم ارسنايد. وهي ملائمة جداً للاستخدام في تطبيقات الخلايا الشمسية لكونهــا ذات معامل امتصاص عال للضوء. كما تتمتع بكفاءة جيدة، ويمكن أن تعمل تحــت ظــروف درجــة حرارة عالية نوعاً ما بدون تناقص في أدائها كالخلايا السليكونية وبعض أشباه النواقل التي تعاني من هذه المشكلة.

3-5-2 خلايا الكوبرانديوم ديسلنايد:

هي مواد من أشباه النواقل مركبة من النحاس والأنديوم والسلينايد (CIS). وقد استخدمت في تصـــنيع خلايا وصلت كفاءتها مخبرياً إلى (12%).

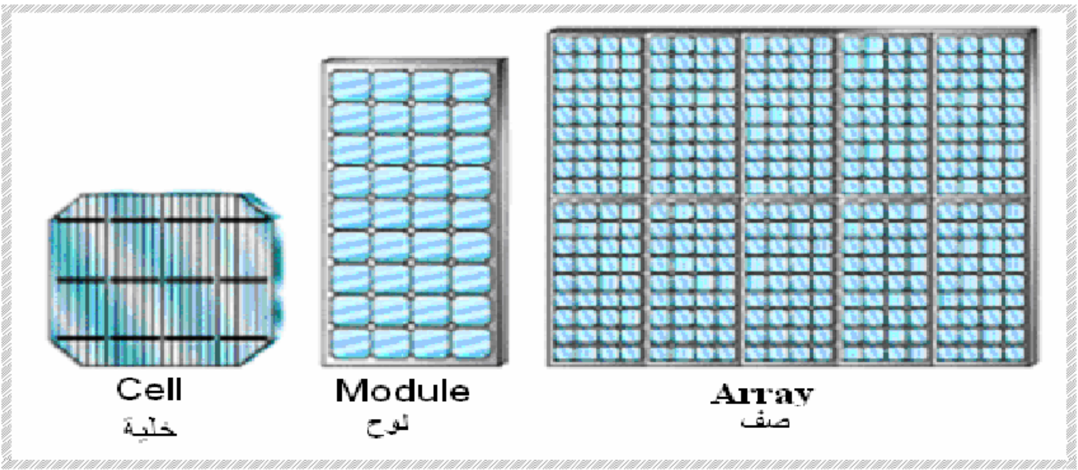
4-5-2 خلايا الكادميوم تليرايد (CdTe):

هي مواد من أشباه النواقل مناسبة لاستخدام الخلايا الكهروشمسية تتألف من الكادميوم و التليرايد. ومن محاسن هذه الخلايا إمكانية تصنيعها باستخدام عملية بسيطة ورخيصة من الطلاء الكهربـــائي. وقـــد وصلت كفاءة هذه الخلايا إلى (10%) بدون تناقص في الكفاءة عند الاستخدام. لكن من مســـاوئها أن الكادميوم مادة سامة جداً.

6-2 الخصائص الكهربائية للخلايا والألواح الكهروشمسية:

يتألف اللوح الكهروشمسي (Module) من عدد من الخلايا التي تكون موصولة على التسلسل والتفرع مع بعضها البعض ضمن لوحة واحدة، ويجب أن تكون محمية من الماء والرطوبة والحرارة والسقوط حيث توضع الخلايا الكهروشمسية في غلاف محكم مصـــنوع مـــن الزجـــاج المســـطح المفـــرد أو المضاعف، ويصل الإشعاع الشمسي إلى هذه الخلايا من خلال الزجاج ويمكن تجميع الألـــواح مـــع بعضها لتشكيل الصف (Array) الذي يكون بحجم معين.

تركب الصفوف الكهروشمسية لزيادة مساحة التعرض المباشر للشمس، وتوضع عادة في منطقة خالية من ظل الأبنية والأشجار باتجاه الشمس وبزاوية مناسبة. الشكل (2-10) يبين خلية كهروشمسية ولوحاً كهروشمسياً وصفاً كهروشمسياً[8].



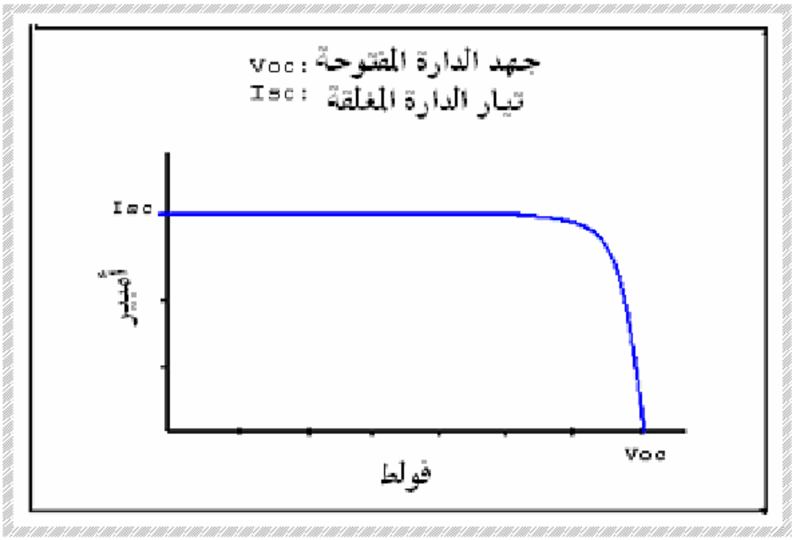
الشكل (2-10)

خلية كهروشمسية ولوح كهروشمسي وصف كهروشمسي

تكون الطاقة الكهربائية المتولدة من الخلية الكهروشمسية بشكل تيار مستمر(DC) وتعتمد شـدة هـذا التيار على بارامترين: الأول هو الأشعة الشمسية الساقطة، والثاني هو التيار والفولط المطلوب للحمل. ويعتمد مردود اللوح الكهروشمسي على مردود هذه الخلايا.

وتعرف الخلية الشمسية ذات المساحة ($100cm^2$) بأنها بطارية شمسية تقوم بإنتاج فولطية مقـدارها (0.5v) وتيار يتناسب مع شدة الإشعاع الشمسي يصل مقداره مـابين (2.5-3 A) فـي حالـة شـدة الإشعاع الشمسي القصوى.

تتحدد الخلية الكهروشمسية بفرق جهد دارتها المفتوحة وتيار دارتها المغلقة والشكل(2-11) يوضـح مخطط (I-V) لخلية كهروشمسية مثالية[15].

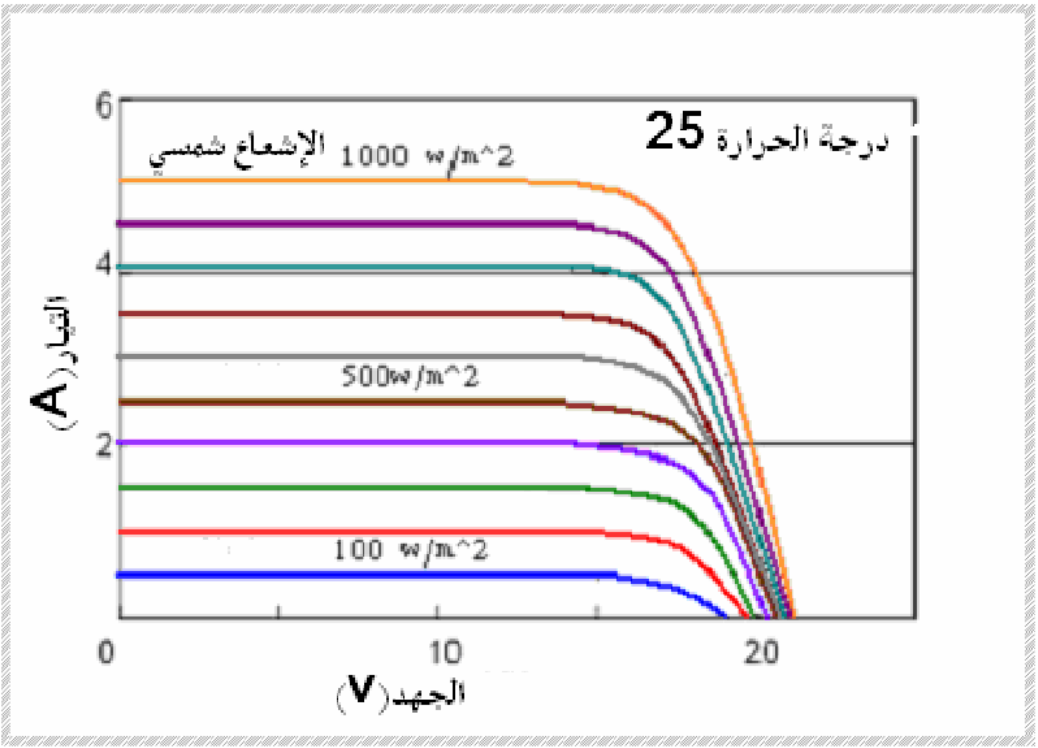


الشكل (2-11)

مخطط(I-V) لخلية كهروشمسية مثالية

فرق جهد الدارة المفتوحة هو الفولط الذي تعطيه الخلية الكهروشمسية عندما لا يمر في الدارة أي تيار، وهو الفولط الأعظمي الذي تعطيه الخلية الكهروشمسية من الإشعاع الشمسي. أما تيار الدارة المغلقـة فهو التيار المار في الخلية الكهروشمسية إلى دارة خارجية بدون حمل أو مقاومة، وهو التيار الأعظمي الذي تستطيع الخلية الكهروشمسية توليده من الإشعاع الشمسي(تيار القصر).

إن فرق الجهد المتولد من الخلية الكهروشمسية يبقى ثابتاً عند كل مستويات الإشعاع الشمسي السـاقط لكن التيار المتولد يتغير بشكل مباشر تبعاً لقيم الإشعاع الشمسي الساقط عند كل لحظة زمنية كما فـي الشكل(2-12)[16].



الشكل(2-12)

تغير قيم الجهد والتيار تبعاً للإشعاع الشمسي

2-7 ربط الألواح الكهروشمسية على التسلسل: Modules in Series

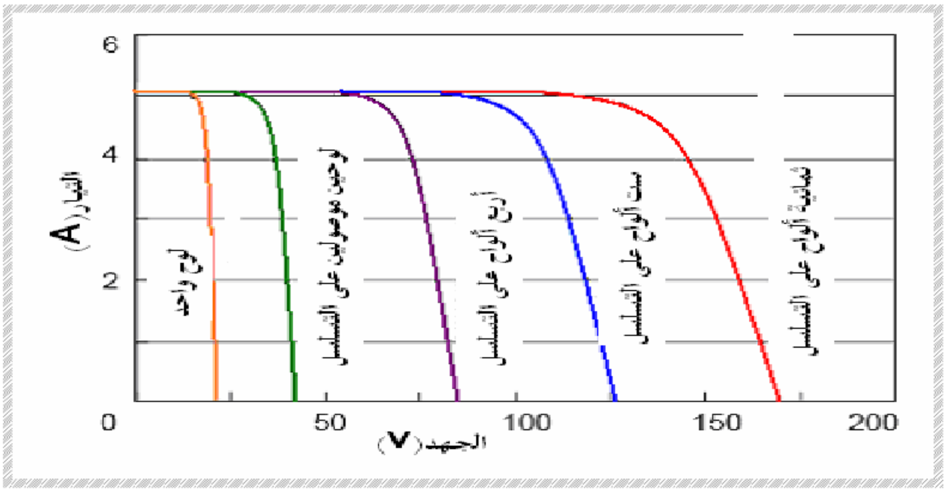
في الحالة المثالية عند ربط مجموعة من الألواح الكهروشمسية المتماثلة عددها (n) على التسلسل فإن فرق جهد الدارة المفتوحة يساوي عدد الألواح مضروباً بفولط لوح واحد:

$$V_{sg} = n \cdot V_{oc1} = n \cdot V_{oc2} = n \cdot V_{oc3} = ---- = n \cdot V_{ocn} \rightarrow \ (I = 0) \qquad (2-1)$$

أما عندما يكون التيار (I >0) أي عند وجود حمل كهربائي فإن:

$$V_{sg} = \sum^{n} V_n = V_1 + V_2 + V_3 + ---- + V_n \quad \rightarrow (I > 0) \qquad (2-2)$$

الشكل(2-13) يوضح الخاصية المثالية لـ (n) لوح شمسي متماثل مربوط على التسلسل[9].



الشكل(2-13)

الخاصية المثالية للألواح الكهروشمسية المربوطة على التسلسل

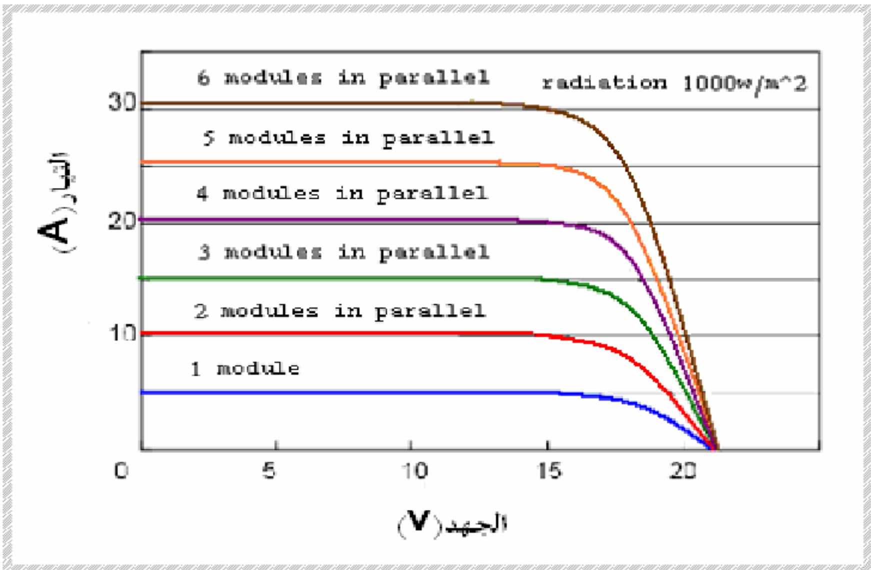
2-8 ربط الألواح الشمسية على التفرع: Modules in Parallel

في حال ربط عدد (n) من الألواح الشمسية المتماثلة على التفرع فإن الفولط الناتج يساوي فولط لوح واحد و التيار الناتج يساوي مجموع التيارات الخاصة لكل لوح (n---1):

$$I_{sg} = \sum_{1}^{n} I_n = I_1 + I_2 + I_3 + - - - + I_n \qquad (2-3)$$

$$V_{sg} = V_1 = V_2 = V_3 = - - - = V_n \qquad (2-4)$$

الشكل(2-14) يوضح الخاصة المثالية للألواح الشمسية المربوط على التفرع[9].



الشكل(2-14)

الخاصة المثالية للألواح الكهروشمسية المربوطة على التفرع

9-2 المولد الكهروشمسي: Solar Generator

بما أن مردود الخلايا الكهروشمسية منخفض نسبياً (لا يتجاوز 16%)، لذا يجب استخدام العديد من الألواح الكهروشمسية للحصول على قدرة كهربائية كبيرة، مجموعة هذه الألواح تسمى بالمولد الكهروشمسي.

يعتمد الفولط الناتج من المولد الكهروشمسي على مجموعة الألواح الشمسية الموصولة على التسلسل، وتكون طاقة المولد الكهروشمسي أكبر من طاقة اللوح الواحد عندما تكون الألواح موصولة على التفرع.

إن المجموعة المتكاملة للألواح الكهروشمسية المربوطة مع بعضها البعض تتم بتركيب الملحقات من (تثبيت الألواح الكهروشمسية وأجهزة مراقبة وصندوق تجميع وأسلاك ومكونات أخرى).

إن تيار الخرج وجهده للمولد الكهروشمسي هو:

$$V_{out} = \sum_1^n V_n = V_1 + V_2 + V_3 + \text{------} + V_n \qquad (2\text{-}5)$$

$$I_{out} = \sum_1^m I_m = I_1 + I_2 + I_3 + \text{-----} + I_m \qquad (2\text{-}6)$$

حيث (n) عدد الألواح المربوطة على التسلسل.

(m) عدد الألواح المربوطة على التفرع.

والقدرة الناتجة من المولد الشمسي في هذه الحالة تعطى بالمعادلة التالية[9]:

$$P_{out} = \sum_1^n V_n \ \sum_1^m I_m = (V_1 + V_2 + \text{------} + V_n)(I_1 + I_2 + \text{-----} + I_m) \qquad (2\text{-}7)$$

الشكل(2-15) يبين مولداً كهروشمسياً مؤلفاً من عشرة ألواح[3]:

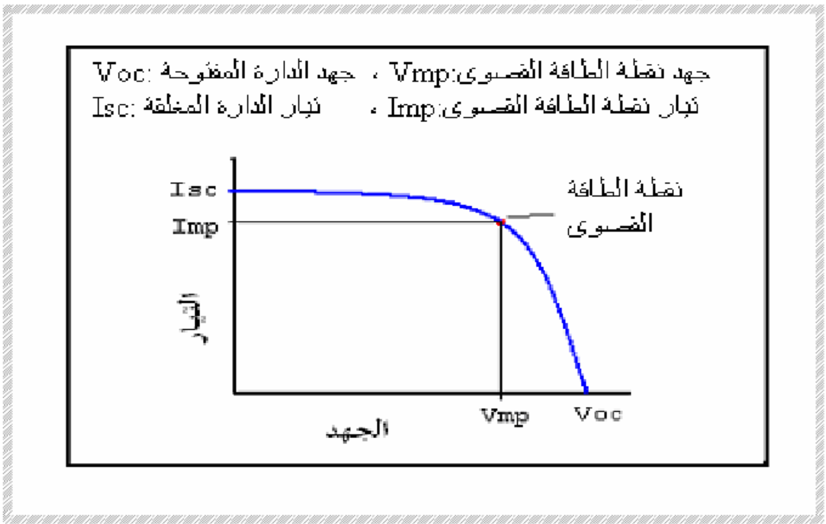


الشكل(2-15)

مولد كهروشمسي مؤلف من عشرة ألواح

10-2 نقطة القدرة العظمى: Maximum Power Point

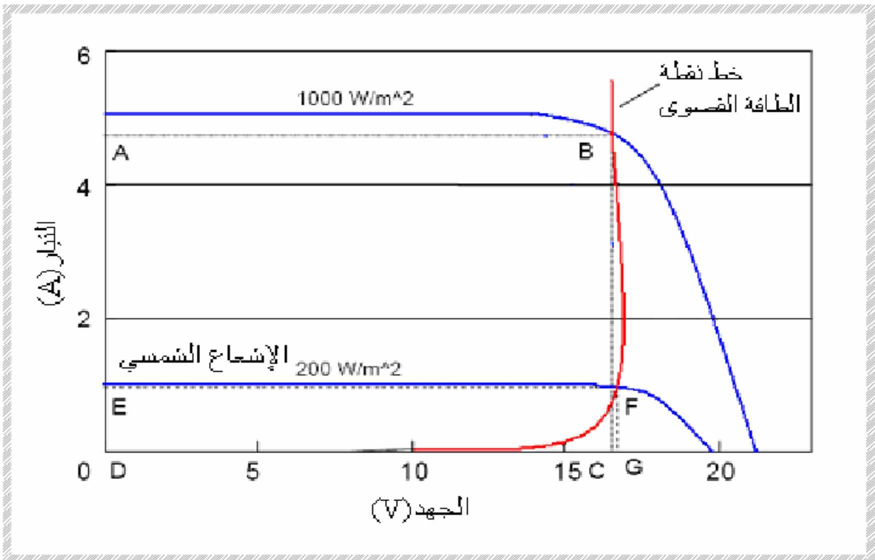
هي النقطة التي تكون عندها القدرة المتولدة من الخلية الكهروشمسية أكبر ما يمكن، أي إن نقطة القدرة العظمى (MPP) هي نقطة القمة بين خط التيار وخط الجهد على مخطط (I-V) التي تعطي أكبر مساحة على هذا المخطط, كما في الشكل(2-16)[4].



الشكل(2-16)

نقطة القدرة العظمى (MPP)

إن التغيّر في شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة حرارة الخلية الكهروشمسية يؤدي إلى تغيير موقع نقطة القدرة العظمى (MPP)، والشكل(2-17) يبين خط تغيّر نقطة القدرة العظمى ابتداءاً من شدة إشعاع $100W/m^2$ حتى من شدة إشعاع $1000W/m^2$ على مخطط (I-V)[16].



الشكل(2-17)

خط تغيّر نقطة القدرة العظمى

وتحسب نقطة القدرة العظمى (MPP) للوح الشمسي من العلاقة التالية[16]:

$$P_{md\text{-}max} = V_{md} \cdot I_{md}$$

$$\left.\begin{aligned} V_{md} &= n_{cl} \cdot V_{cl} \\ I_{md} &= m_{cl} \cdot I_{cl} \end{aligned}\right\} \Longrightarrow P_{md\text{-}max} = m_{cl} \cdot n_{cl} \cdot V_{cl} \cdot I_{cl} \qquad (2\text{-}8)$$

حيث إن: $P_{md\text{-}max}$: هي القدرة العظمى الخارجة من اللوح الكهروشمسي.

V_{md} : هو الفولط الخارج من اللوح الكهروشمسي عند نقطة (MPP).

I_{md} : هو التيار الخارج من اللوح الكهروشمسي عند نقطة (MPP).

V_{cl} : هو الفولط الخارج من خلية واحدة.

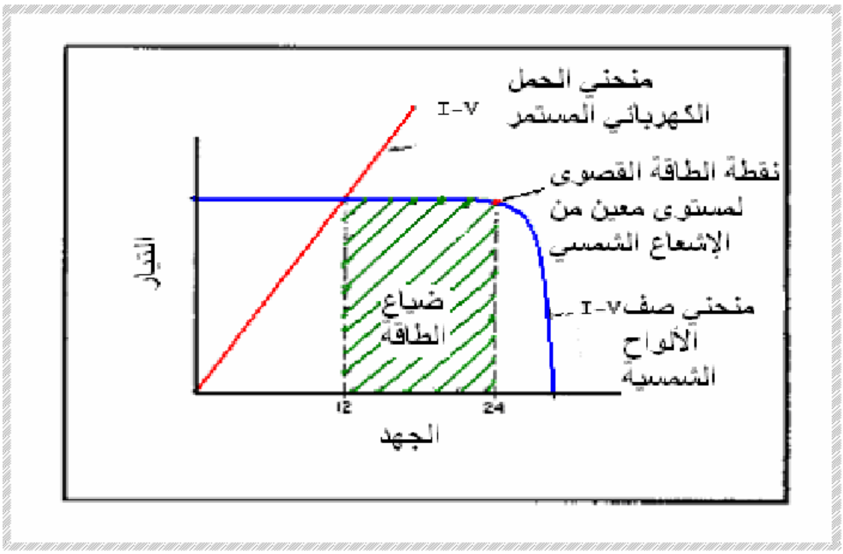
I_{cl} : هو التيار الخارج من خلية واحدة.

n_{cl} : عدد الخلايا المربوطة على التسلسل في لوح واحد.

m_{cl} : عدد الخلايا المربوطة على التفرع في لوح واحد.

يكون تيار الحمل الكهربائي المستمر (DC) وفولطه على مخطط (I-V) بشكل خط مستقيم مائل، فعند زيادة الطاقة الكهربائية الأولية يرتفع التيار بنسبة ثابتة بالنسبة للفولط. فإذا تم تصميم المولد الكهروشمسي لتوليد (24) فولتاً والحمل يتطلب (12) فولتاً فقط فإن الحمل سيستجر الطاقة التي تقابل (12) فولتاً وبالتالي: سيكون هناك ضياع في الطاقة[10].

الشكل(2-18) يبين خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح.

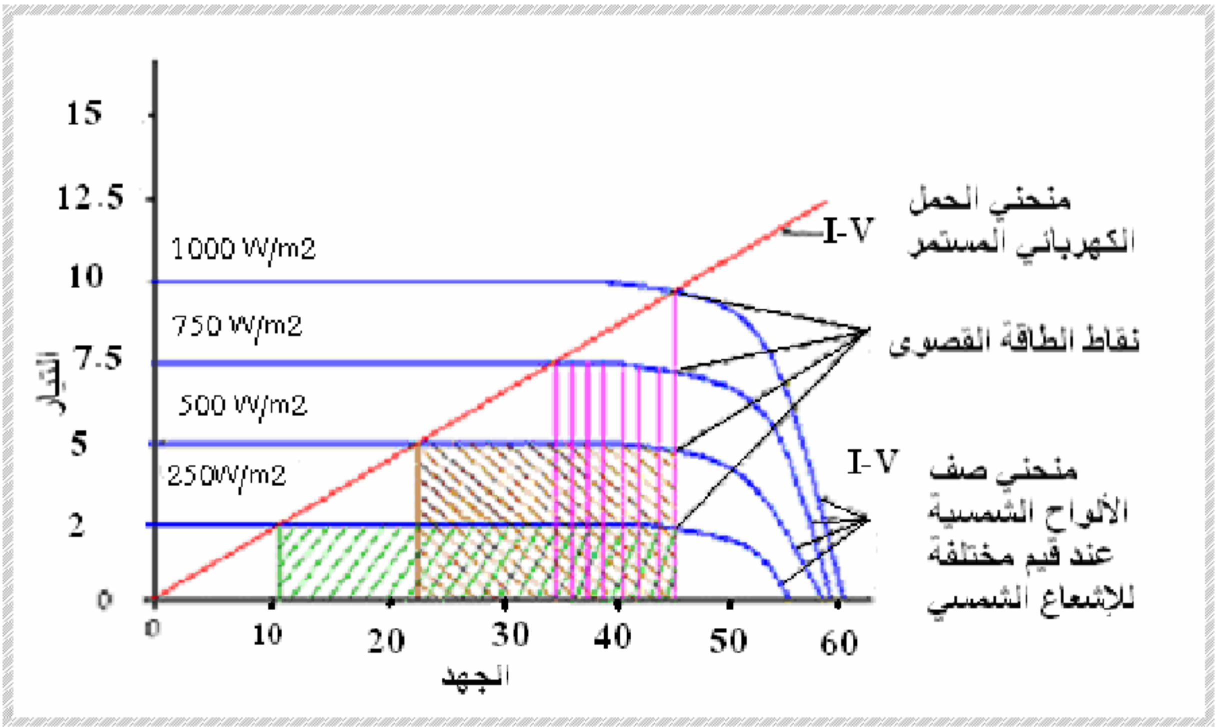


الشكل(2-18)

خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح

بالإضافة إلى الاختلاف في شكل منحني (I-V) بين الحمل الكهربائي وخط القدرة للخلايا الكهروشمسية، هناك اختلاف مستمر في مستوى تيار الطاقة الكهروشمسية الذي يتغير بدوره حسب التغير في مستوى الإشعاع الشمسي الساقط المتوفر على مدار اليوم، وبالتالي: يتغير موقع نقطة الطاقة العظمى بشكل مستمر على مخطط (I-V).

أدت هذه التقلبات في موقع نقطة الطاقة العظمى وعدم تساوي هذه النقاط مع بعضها البعض إلى وجود عدة نقاط على طول الخط المستقيم المائل للحمل الكهربائي المستمر على مخطط (I-V) كما في الشكل(2-19)[10].



الشكل(2-19)

تغير موقع نقطة الطاقة العظمى تبعاً للإشعاع الشمسي

لذلك يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار في أثناء تصميم النظام الكهروشمسي مساواة خط الحمل الكهربائي على مخطط (I-V) مع نقاط القدرة العظمى لتصميم نظام يعمل بكفاءة عالية بشكل عام.

الوحدة الثالثة

البطاريات

الموضوع

٧-٣ مستقبل البطاريات (Future of Battery)..

الفصل الأول Chapter 1

نظرة عامة على البطاريات

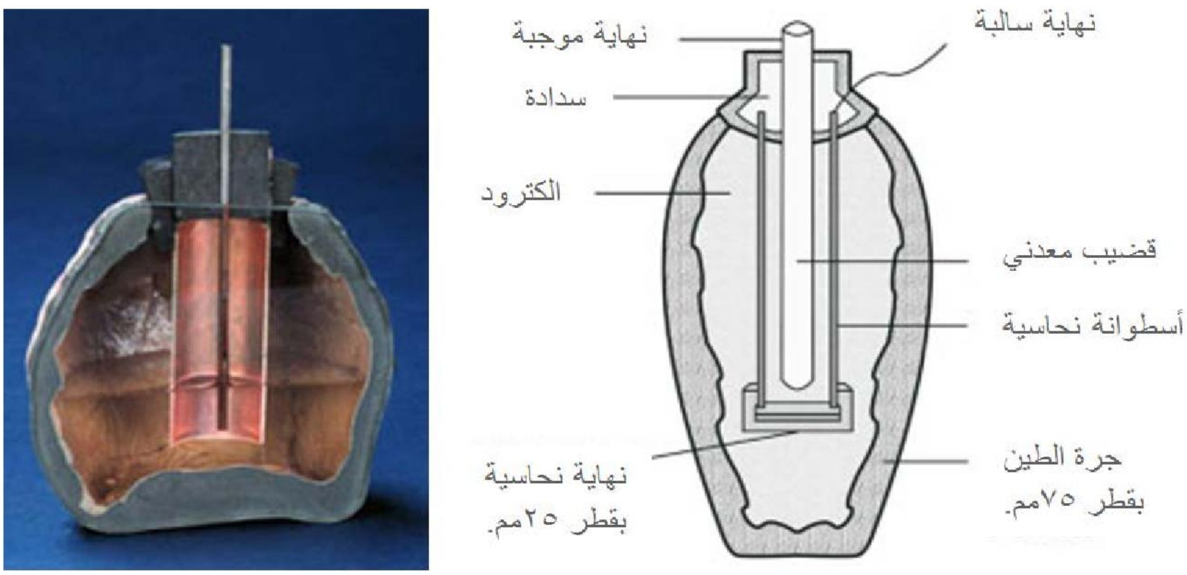
نظرة عامة (Overview):

في هذا الفصل سوف نتطرق إلى نشأة البطاريات، ومن ثم التعريف بها إضافة إلى الحديث عن أهم المعلومات التجارية المتعلقة بها، ثم سنقارن البطاريات مع مصادر الطاقة الأخرى، وفي نهاية الفصل سنشرح مميزات البطاريات.

١,١ اختراع البطاريات (The Invention of Battery):

إن أحد أكثر الاختراعات الرائعة والمبتكرة في الـ ٤٠٠ سنة أخيرة كان اختراع الكهرباء. وهنا جدَّ السؤال، "هل كانت الكهرباء حولنا كل هذه المدة الطويلة؟" والجواب بالطبع نعم، وربما أطول بكثير من ذلك، ولكن الاستعمال العملي لها كان تحت تصرفنا من أواسط إلى أواخر العام ١٨٠٠م، وعلى نحو محدود في بادئ الأمر، هناك واحدة من أقرب الأشغال العامة التي شغلت الانتباه وكانت إضاءة ٢٥٠،٠٠٠ مصباح في العرض الكولومبي "عالم شيكاغو"، وإضاءة جسر على الشبكة النهرية خلال المعرض العالمي في باريس في العام ١٩٠٠م.

إن استخدام الكهرباء له ذاكرة طويلة، وذلك أثناء إنشاء السكة الحديدية قرب بغداد في العام ١٩٣٦م، حيث أزل العمال الستار على ما بدا أنه بطارية ما قبل التاريخ، والتي تعرف أيضاً بالبطارية الفارسية، هذه المادة تعود إلى الفترة الفارسية ويعتقد أنها بعمر حوالي ٢٠٠٠ عام. هذه البطارية تكونت من جرة طين ملأت بمحلول الخل مغمس فيه قضيب حديدي محاط بأُسطوانة نحاسية تم إدخالها. هذه التجهيزة أنتجت جهداً بحدود ١. ١-٢. ٠ فولت من الكهرباء. والشكل ١,١ يبين شكل هذه البطارية الفارسية:



الشكل١,١ : يبين شكل البطارية الفارسية

ليس كل العلماء يقبلون بفكرة أن البطارية الفارسية هي مصدر للطاقة، حيث من المحتمل أن التجهيزة استخدمت لعملية الطلي الكهربي، كإضافة طبقة من الذهب أو من معادن ثمينة أخرى إلى السطح الخارجي لمادة ما. قيل بأن المصريين طلوا الأنتيمون على النحاس قبل ٤٣٠٠ سنة. الدلائل الأثرية تشير إلى ان البابليين هم أول من اكتشفوا واستخدموا التقنية الغلفانية في صناعة المجوهرات باستخدام محلول كهربائي أساسه عصير العنب من أجل صنع طلي الذهب على الأواني الفخارية. والفرس الذين حكموا بغداد "٢٥٠ عام قبل الميلاد"، لربما استعملوا البطاريات لطلي الفضة.

كانت هناك نظرية واحدة تعد من أقرب النظريات لتوليد الكهرباء في الأزمنة الحديثة ألا وهي توليد الشحنة الساكنة. في العام ١٦٦٠،أنشأ العالم "Otto von Guericke " ماكينة كهربائية مستخدماً كرة كبريتية ضخمة، والتي عند فركها وتدويرها، فإنها كانت تقوم بجذب الريش وقصاصات الورق. كان Guericke قادراً على إثبات أن الشرارات التي تم توليدها كانت شرارات كهربائية طبيعية.

إن الاستخدام العملي الأول للكهرباء الساكنة كان "المسدس الكهربائي"، والذي اخترعه العالم الإيطالي " Alessandro Volta " بين الأعوام "١٧٤٥م–١٨٢٧م". هو فكر بتوفير اتصالات على مسافات بعيدة، ولو حتى أنه بت منطقي واحد. سلك حديدي مدعّم بأقطاب خشبية تم شدّه من كومو إلى ميلان، في إيطاليا. وفي الطرف المستقبل، توضع نهاية السلك في جرة مليئة بغاز الميثان. لتوليد إشارة مشفرة مثلاً، فإن إشارة كهربائية يتم إرسالها عبر السلك من أجل تفجير المسدس الكهربائي. إن رابط الاتصال هذا لم يتم بناؤه مطلقاً. والشكل ٢,١ يظهر رسم بقلم رصاص عائد لـ"Alessandro Volta ".



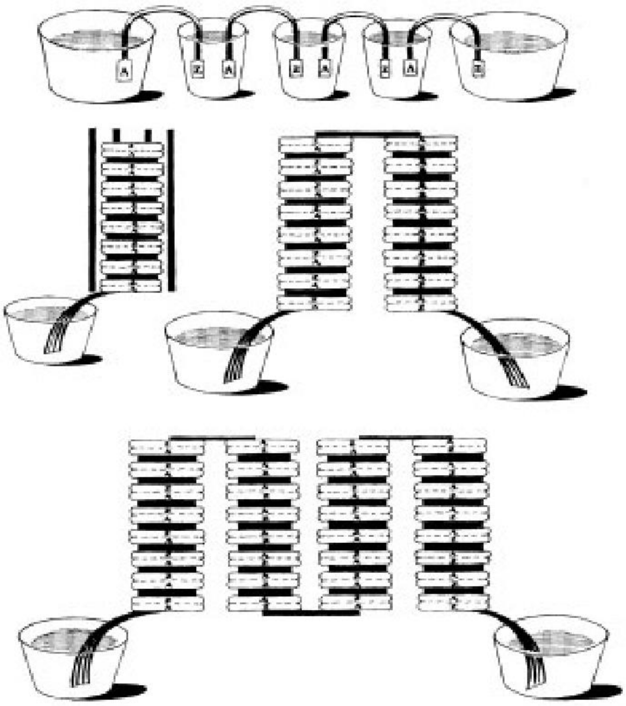
الشكل ٢,١: العالم Alessandro Volta.

في العام ١٧٩١، وأثناء العمل في جامعة بولونيا، اكتشف العالم لويجي غلفاني "Luigi Galvani " بأن عضلة ساق الضفدع تنجذب عند مسها بجسم معدني. هذه الظاهرة أصبحت تعرف باسم "الكهرباء الحيوانية". مدفوعاً بهذه التجارب، بدأ فولتا بسلسلة تجارب مستخدماً الزنك، الرصاص، القصدير، والحديد كصفائح موجبة (قطب

سالب:Cathode) ومستخدماً النحاس، الفضة، الذهب، والغرافيت كصفائح سالبة (قطب موجب: Anode).
وبذلك أصبح الاهتمام بالكهرباء الغلفانية مشهوراً على نطاق واسع.

البطاريات الأولية:

في العام ١٨٠٠م، اكتشف فولتا بأن بضع السوائل تولّد تدفق مستمر للقدرة الكهربائية عند استخدامها كناقل. هذا الاكتشاف قاد إلى اختراع أول خلية فولتية، والتي تعرف يشكل عام باسم "البطارية". فولتا اكتشف أكثر من ذلك حيث تبين له أن الجهد سيزداد عند تكديس الخلايا الفولتية فوق بعضها. والشكل ٣,١ يبين مثل هذا الاتصال التسلسلي:



الشكل ٣,١: خاصية الأواني المستطرقة.

في هذا الشكل فإن المعادن الموجودة في البطارية لها تأثير كهربائي مختلف. لاحظ فولتا أن فولطية الجهد للمواد المتباينة أصبحت أقوى مما لو كانت من نفس المواد مع بعضها.

الرقم الأول في المعادن المبين في الأسفل لديه صلة بجذب الالكترونات، والرقم الثاني هو الجهد القياسي من حالة الأكسدة الأولى.

Zinc = 1.6 / -0.76 V
Lead = 1.9 / -0.13 V
Tin = 1.8 / -1.07 V
Iron = 1.8 / -0.04 V
Copper = 1.9 / 0.159 V
Silver = 1.9 / 1.98 V
Gold = 2.4 / 1.83 V

Carbon = 2.5 / 0.13 V

تحدد المعادن فولتية البطارية، حيث يتم فصلهم باستخدام أوراق رطبة مشبعة بالماء الملحي.

فرنسا كانت من أولى الأمم التي تعترف رسمياً باكتشافات فولتا. وهذا كان في زمن اقتربت فيه فرنسا من الارتفاع في التقدم العلمي وكانت الأفكار الجديدة مرحب بها برحابة صدر، وذلك من أجل دعم البرنامج السياسي للبلاد. عن طريق الدعوة، راسل فولتا معهد فرنسا الأول بسلسلة من المحاضرات، مع العلم أن نابليون بونابرت كان أحد أعضاء هذا المعهد. حيث يبين الشكل ٤,١ تجارب فولتا في المعهد الفرنسي:



الشكل ٤,١: تجارب فولتا في المعهد الفرنسي.

١,١,١ اختراع البطارية القابلة للشحن:

في العام ١٨٣٦م، الصيدلاني الانجليزي "John F. Daniel " قام بتطوير بطارية محسَّنة والتي تنتج تياراً أكثر ثباتاً من التجهيزات السابقة. حتى هذا الوقت، كل البطاريات كانت أولية. يعني أنها غير قابلة للشحن. في العام ١٨٥٩م، الفيزيائي الفرنسي " Gaston Planté " اخترع أول بطارية قابلة للشحن. وقد اخترعها على أساس حامض الرصاص، وهذا النظام مازال مستخدماً حتى يومنا هذا.

في العام ١٨٩٩، العالم السويدي " Waldmar Jungner " اخترع بطارية نيكل-كاديوم (NiCd)، والتي استخدمت النيكل كالكترود موجب (مهبط) والكاديوم كالكترود سالب (مصعد). إن الكلفة العالية لهذه المواد مقارنة ببطارية Lead-Acid حد من استخدامها، وبعد عامين، قام العالم توماس إديسون " Thomas Edison " بإنتاج تصميم بديل باستبداله الكاديوم بالحديد. ولكن انخفاض نوعية الطاقة، والأداء الضعيف عند درجات الحرارة المنخفضة، إضافةً إلى التفريغ الذاتي، كل هذا أدى للحدّ من نجاح بطارية نيكل-حديد NiFe. لم تدم هذه الحال طويلاً، ففي العام ١٩٣٢م أنجز العالمان "Shlecht & Ackermann" تيارات حمل عالية، وحسنوا من عمر

بطاريات NiCd عن طريق اختراع الصفيحة القطبية المتكدسة. في العام ١٩٤٧م، نجح جورج نيومان في إثبات مصداقية الخلية.

لسنوات عدة، كان بطاريات NiCd البطاريات الوحيدة القابلة لإعادة الشحن من أجل التطبيقات المحمولة. في العام ١٩٩٠م، علماء البيئة الأوروبيون أصبحوا قلقين بشأن التلوث البيئي إذا ما استمر تدوير بطاريات NiCd بشكل مهمل. لذا هم ابتدؤا بحصار هذه التقنية الكيمائية وطالبوا قطاع المستهلكين بالانتقال لاستعمال بطاريات هدريد النيكل المعدني NiMH، وهي بطارية أكثر صداقة للبيئة، إن بطارية NiMH مشابهة لبطارية NiCd، والعديدون يتوقعون أن تصبح بطاريات NiMH طريق الوصول لبطاريات ليثيوم-آيون Li-ion أكثر ديمومة.

معظم نشاطات الأبحاث اليوم تدور حول تحسين الأنظمة التي أساها من الليثيوم. بالإضافة إلى تشغيل الهواتف الخلوية، الأجهزة المحمولة، الكاميرات الرقمية، التجهيزات الكهربائية والطبية، فإن الـLi-ion تستخدم في العربات الكهربائية. هذه البطارية لديها العديد من الفوائد، وبشكل خاص، نوعية الطاقة العالية، تقنية الشحن البسيطة، الصيانة المنخفضة، والأهم كونها صديقة للبيئة.

٢,١,١ العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية:

إن هذا الاكتشاف تم في العام ١٨٢٠م، على أيدي العالم أندريه ماري أمبير، واستطاع ميخائيل فاراداي في الأعوام من ١٧٩١م-١٨٦٧م توليد الكهرباء من خلال تدوير ملف نحاسي في حقل مغناطيسي قوي، وهذا يعني توليد قوة كهربائية لانهائية طالما أن الملف يدور ضمن الحقل المغناطيسي القوي، وهذا أدى بدوره لاختراع المولد الكهربائي، وبعد فترة وجيزة ظهرت المحولات الكهربائية، وكل هذه الاختراعات ارتبطت بقانون فاراداي الشهير الخاص بالتحريض الكهرومغناطيسي.

وبعد فهم العلاقة مع المغناطيسية، بدأ إنتاج مولدات ضخمة بتدفق ثابت للكهرباء. وفتح مصباح إديسون النور على العالم، بعد ذلك تم تطوير تقنية الأطوار الثلاثة للتيار المتناوب عن طريق العالم الفيزيائي اليوغسلافي العبقري "نيكولاي تسلا"، فاتحاً بذلك الطريق أمام نقل الطاقة الكهربائية من المولدات عبر خطوط النقل ولمسافات طويلة جداً، وبذلك ارتفعت نوعية ومستوى الحياة البشرية، وبدأ التطور الكبير في علوم الكهرباء يأخذ مجراه.

٣,١,١ تطورات البطارية:

الاختراعات بين الأعوام ١٧٠٠م-١٨٠٠م موثقة بشكل جيد، ويعود الفضل في ذلك إلى المخترعين الوقورين. بنجامين فرانكلين اخترع موقد فرانكلين، نظارات عينية ثنائية البؤرة ومانعة الصواعق، لقد كان المخترع رقم واحد في الولايات المتحدة حتى ظهور توماس إديسون. إديسون كان رجل أعمال والذي ينال الفضل في الاختراعات الأخرى التي اخترعها. على النقيض من الاعتقاد الشعبي السائد بأن إديسون اخترع المصباح الكهربائي، فغن إديسون طور فكرة عمرها ٥٠ عام باستعمال شعيرة كربونية صغيرة تضيء بشكل أفضل في الفضاء الذي حولها. على الرغم من أن العديد من الناس عمل على فكرة هذا الاختراع مسبقاً، إلا أن إديسون استطاع كسب الجائزة المالية بجعله هذا الاختراع فعالاً بشكل تجاري بالنسبة للعامة. الفونوغراف أيضاً يعد نجاح آخر يضاف إلى الفضائل والاستحقاقات التي نالها إديسون.

البلدان عادة تكرم مواطنيها لاختراعهم أشياء مهمة، إن استحقوا ذلك أم لا. عند زيارة المتاحف في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية واليابان، سترى معنى هذا التكريم. إن العمل لتطوير السيارات، أجهزة أشعة X، الهواتف، أجهزة الراديو، التلفزيونات والحواسيب، ربما تم بشكل تفرعي، أي أن أحداً ما مثلاً في كل بلد كان يعمل على نفس الاختراع في نفس الوقت، حيث لا نستطيع أن نميز صاحب الاختراع الشرعي عن نظيره في نفس الوقت، ونجد هذه الحيرة مماثلة مع الاختراعات الحاصلة في أنظمة البطاريات الجديدة، ونحن نقدم الاحترام لفرق الأبحاث والمنظمات المختصة أكثر من تقديمه للأفراد. الجدول ١,١ يلخص تطور علم المدخرات إضافة إلى أبرز الأسماء اللامعة في هذا المجال:

السنة	المخترع	البلد	النشاط
١٦٠٠	ويليام غيلبرت William Gilbert	المملكة المتحدة	مؤسس علم " الكيمياء الكهربائية"
١٧٩١	لويجي غلفاني Luigi Galvani	إيطاليا	مكتشف "الكهرباء الحيوانية"
١٨٠٠	أليساندرو فولتا Alessandro Volta	إيطاليا	مخترع الخلية الفولتية (زنك، أقراص النحاس)
١٨٠٢	ويليام كرويكشانك William Cruickshank	المملكة المتحدة	أول بطارية كهربائية تنتج على نطاق واسع
١٨٢٠	آندريه ماري أمبير André-Marie Ampère	فرنسا	الكهرباء خلال المغناطيسية
١٨٣٣	ميخائيل فارداي Michael Faraday	المملكة المتحدة	إعلان قانون فارداي
١٨٣٦	جون إف.دانييل John F. Daniell	المملكة المتحدة	اختراع خلية دانييل
١٨٣٩	ويليام روبرت غروف William Robert Grove	المملكة المتحدة	اختراع خلية الوقود (H_2/O_2)
١٨٥٩	غاستون بلانتي Gaston Planté	فرنسا	مخترع بطارية Lead-Acid
١٨٦٨	جورج ليكلانشي George Leclanché	فرنسا	مخترع خلية ليكلانشي (كربون–زنك)
١٨٩٩	والدمير يونغنر Waldmar Jungner	السويد	اختراع بطارية نيكل–كادميوم
١٩٠١	توماس إديسون Thomas A. Edison	الولايات المتحدة الأمريكية	مخترع بطارية نيكل–حديد
١٩٣٢	شليخت & آكريمان	الدانمارك	اختراع صفيحة القطب

	Shlecht & Ackermann		المكدسة
١٩٤٧	جورج نيومان Georg Neumann	ألمانيا	نجاح عملية إشباع بطارية نيكل-كاديوم
١٩٤٩	لو أورري، Eveready Battery	-	اخترع بطارية المنغنيز القلوية
١٩٧٠	جهد جماعي	-	تطوير صمام بطارية حامض الرصاص المنظمة
١٩٩٠	جهد جماعي	-	بدء تتجير بطارية هدريد النيكل المعدنية NiMH
١٩٩١	شركة سوني اليابانية	اليابان	تتجير بطارية Li-ion
١٩٩٤	شركة Bellcore	الولايات المتحدة الأمريكية	تتجير بوليمر Li-ion
١٩٩٦	شركة Moli Energy	كندا	مقدمة لبطاريات Li-ion مع المهبط المنغنيزي
١٩٩٦	جامعة تكساس	الولايات المتحدة الأمريكية	الكشف عن تقنية Li-phosphate ($LiFePO_4$)
٢٠٠٢	جامعة مونتريال، معهد MIT، Quebec Hydro وآخرون.	-	التطوير التجاري لـ Li-phosphate، تكنولوجيا النانو.

الجدول ١,١ : تطور علم المدخرات إضافة إلى أبرز الأسماء اللامعة في هذا المجال.

٢,١ الحصول على المعرفة بالبطاريات (Battery Knowledge):

تملي علينا البطاريات إيقاع محدد في حياتنا، فالبطارية تحدد السرعة التي تحدد بدورها قابلية الحركة، ومن المهم ملاحظة أن تزايد في تحسين مصدر الطاقة المحمول هذا سيفتح لنا أبواب جديدة للعديد من التطبيقات. بالنتيجة، "البطارية الأفضل تكافئ الحرية الأكبر لنا في الحركة".

بالإضافة إلى حشر مزيد من الطاقة في البطاريات، فإن المهندسين أيضاً قاموا بخطوات واسعة لتخفيض استهلاك الطاقة في الأجهزة المحمولة. هذا التقدم يتماشى يداً بيد مع زمن تشغيل أطول ولكنه غالباً ما يصطدم بمطلب الميزات الإضافية واستهلاك أكثر للطاقة. النتيجة النهائية "أزمنة تشغيل متشابهة ولكن مع تحسن في الأداء".

لم تتطور البطاريات بالسرعة نفسها كما في علم الالكترونيات الدقيقة، ولم تحقق الصناعة أكثر من(٨-١٠) % من قدرة البطاريات في السنة الواحدة خلال العقدين الأخيرين. وهذا بعيد جداً عن قانون مور الذي يحدد مضاعفة عدد

الترانزستورات المشكلة على الرقاقة المتكاملة في كل سنتين تقريباً، وبدلاً من سنتان، فإن بطارية ليثيوم-أيون تحتاج عشر سنوات من أجل مضاعفة القدرة لديها.

بالتوازي مع تحقيق الربح في قدرة البطاريات، فإن صناع البطاريات يجب عليهم أيضاً التركيز على تطوير مناهج التصنيع للتأكد من تحقيق أمان وسلامة أفضل. إن جيل بطاريات Li-ion يظهر أنه تم بناؤها من أجل تحقيق عمر أطول للبطاريات. هذه البطاريات لديها قدرة منخفضة مقارنة مع تلك المستخدمة مع التطبيقات الالكترونية الأخرى ويتم الأخذ بالحسبان هذا الأمر من أجل قطارات الطاقة الالكترونية للعربات.

يريد الناس مصدر طاقة لا ينضب، يتم وضعه في رزمة صغيرة الحجم، وسعرها زهيد، آمنة ونظيفة، وصانعوا البطاريات يستطيعون تحقيق هذه الرغبة بشكل جزئي. طالما أن البطارية هي مجموعة تفاعلات كهروكيميائية، فإنه سيكون هناك محدودية في القدرة وفي فترة الحياة. إن الحصول على نظام تخزين ثوري جديد سيكون وحده القادر إرواء العطش الكبير لهذه القدرة المتنقلة، وهذا تخمين أي منا فيما إذا كان هذا النظام هو نظام ليثيوم-هواء، أو بعض مولدات القدرة المضادة للجاذبية الأرضية، كالانشطار الذري، ولكن لمعظمنا، فإن الحصول على هكذا نظام ربما لن يكون في المدى القريب المنظور.

١,٢,١ التقاء التوقعات:

العديد من هواة البطاريات، يجادلون، وبشكل خاطئ، أن جميع أنظمة البطاريات المتقدمة هي ذات كثافات طاقيّة عالية، وتسطيع إنجاز آلاف دورات الشحن/التفريغ، كما أنها تكون صغيرة الحجم، والصحيح، أن بعض هذه الخواص ممكن تحقيقه، لكن بعض الخواص الأخرى صعبة التحقيق طالما أن لها ذلك البعد الكيميائي.

يمكن تصميم البطاريات من أجل تحقيق قدرة أعلى وحجم أصغر، ولكن دورة حياتها تكون صغيرة. هنالك بطاريات أخرى تبنى من أجل أحمال عالية القدرة ولها ديمومة عمل أكبر، وهذه الخلايا ضخمة وثقيلة. الحزمة الثالثة لها قدرة عالية وزمن خدمة أطول، ولكن كلفة التصنيع لمثل هذه البطاريات قد لا يستطيع تحقيقها سوى قلة قليلة من الناس. منتجو البطاريات مدركون جيداً لحاجات المستخدم ويستجيبون لذلك بتوفير منتجات تناسب التطبيقات التي يحتاجها هؤلاء المستهلكون. إن صناعة الهواتف النقالة هي مثال عن هذا التكيف الذكي. حيث هنا يتم التأكيد على الحجم الصغير، الكثافة الطاقية العالية، والسعر المنخفض، وكل ذلك على حساب عمر التشغيل الذي يأخذ الحيز الأقل أهمية.

إن مصطلحات هدريد النيكل المعدني NiMH و الليثيوم-أيون Li-ion لا تعني مباشرة أنها ذات نوعية طاقية عالية. على سبيل المثال، إن تقنية NiMH من أجل قطار الطاقة الإلكتروني في العربات تملك طاقة محددة بحدود 45 Wh/Kg، وهذه قيمة ليست أعلى بكثير من بطاريات Lead-Acid. إن مستهلك NiMH، وبالمقارنة، يملك حوالي 90 Wh/Kg. بطارية ليثيوم-أيون من أجل العربات الكهربية والهجينة تستطيع أن تمتلك طاقة نوعية بحدود 60 Wh/Kg على الأقل، وهي قيمة يتم مقارنتها مع تقنية نيكل-كاديوم. إن تقنية Li-ion من أجل الهواتف الخلوية، والحواسيب المحمولة، على الوجه الآخر، فإنها تمتلك طاقة نوعية أعلى بمرتين إلى ثلاث مرات.

هنالك العديد من التساؤلات التي يتم طرحها. مثلاً، ماهي أفضل بطارية من أجل سيارة متحكم بها عن بعد؟، أو من أجل خلية شمسية محمولة، أو من أجل سيارة كهربائية؟. والجواب، بالطبع لا يوجد بطارية عامة تستطيع تحقيق كل تلك الاحتياجات وتلبي كل هذه التطبيقات الفريدة. على الرغم من أن الليثيوم–أيون في حالات عديدة تكون هي الخيار المرغوب، ولكن السعر المرتفع، إضافة إلى حاجتها لدارة حماية، يجعل العديد من الهواة ومنتجي البطاريات الصغار بعيداً عن اختيارها. وبالتالي فإن حذف هذا الخيار من حساباتنا بشأن تأمين البطارية الأنسب يقودنا نحو الخلف باتجاه خيارات النيكل وتوابعه والبطاريات الحمضية. إن المنتجات الاستهلاكية استفادت كثيراً من تطور البطاريات، وهذه الاستفادة جعلت بطاريات الليثيوم أرخص نسبياً.

هل ستحل البطاريات مكان محرك الاحتراق الداخلي للسيارات؟، قد يكون الجواب مفاجئاً بأنه لغاية هذه اللحظة، لا توجد بطارية اقتصادية تسمح لنا بقيادة السيارة لمسافات طويلة وتدوم كما تدوم عندنا السيارة. تعمل البطاريات بشكل جيد من أجل التطبيقات المحمولة، مثل الهواتف الخلوية، الحواسيب المحمولة، الكاميرات الرقمية، وساعات اليد. القدرة المنخفضة تحقق لنا سعراً اقتصادياً، إن حياة البطارية القصير نسبياً، مقبول في المنتجات الاستهلاكية، ونحن نستطيع العيش مع زمن تشغيل متناقص. ولكن القدرة الباهتة يمكن أن تكون مزعجة، ولكنها لا تعرضنا للخطر، كما هو الحال مع الكهرباء المنزلية.

عند فحصُ خصائص أنظمةِ البطارية ومقارنتها مع مصادر كهربائيةَ بديلة، مثل خليةِ الوقود ومحرك الاحتراق الداخلي (IC)، فإننا نُدركُ بأنّ البطاريةَ مناسبة بشكل أفضل للأنظمةِ النقّالةِ والثابتةِ. للتطبيقاتِ الدافعة مثل القطاراتِ والسُفنِ عبر المحيطات والطائرةِ، تَفتقرُ البطاريةُ إلى القدرةِ والتحمّلِ والثقةِ. خَطّ التَقسيم، في رأيي، يَتوقّفُ على العربة الكهربائيةِ.

ملاحظة: لو طبق قانون مور على البطاريات لاستطعنا في ظرف سنتين الحصول على بطارية سيارة بحجم عملة معدنية.

٣,١ أسواق البطاريات العالمية (Battery Markets):

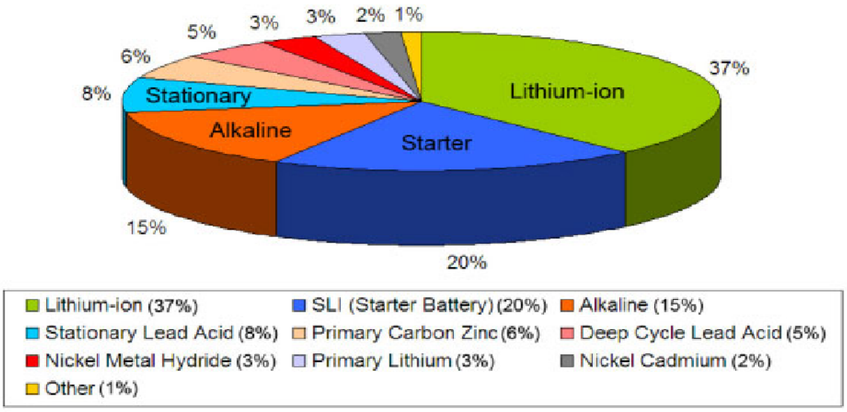
إن سوق البطاريات يتوسع يوماً بعد يوم، والإيرادات العالمية لها في العام ٢٠٠٩ بلغت حداً هائلاً تجاوز 47.5$ بليون دولار. ومع نمو الطلب المتزايد على الالكترونيات المحمولة والرغبة في العمل والاتصال الانترنت بدون التوصيل بالشبكة الكهربائية العامة، فإن الخبراء يتوقعون أن يصل هذا الرقم إلى حوالي 74$ بليون دولار في العام ٢٠١٥. هذه الأرقام تقديرية بالطبع وتضم البطاريات الخاصة بالسيارات التي تعمل تحت اسم "قطار القدرة الكهربائي".

١,٣,١ نظرة عامة حول أنواع البطاريات:

تقسم البطاريات إلى صنفين: أساسية وثانوية. في العام ٢٠٠٩، حققت البطاريات الأساسية ما مجموعه 23.6% من السوق العالمية. وتشير توقعات كبرى الشركات ومراكز البحث العالمية ومنها شركتي "Frost & Sullivan" هبوطاً في هذه النسبة لهذه البطاريات بحدود 7.4% بحلول العام ٢٠١٥. البطاريات الاساسية تستخدم في

(الساعات، المفاتيح الالكترونية، أجهزة التحكم عن بعد، ألعاب الأطفال، وبعض أجهزة الإضاءة، إضافة إلى التجهيزات العسكرية...الخ).

النمو الحقيقي يمكن في البطاريات الثانوية. تقول شركتي "Frost & Sullivan" أن نسبة سيطرة البطاريات القابلة للشحن على السوق العالمية تقدر بحوالي 76.4%، وهذا الرقم يتوقع أن يزداد إلى حوالي 82.6% بحلول العام ٢٠١٥. يمكن تصنيف البطاريات أيضاً عن طريق كيميائيتها وأكثر أنواع أنظمة البطاريات الكيميائية شيوعاً هي أنظمة بطاريات حمض الرصاص ، الليثيوم، و النيكل. الشكل ٥,١ يبين تصنيف كيميائية كل من هذه الأنواع.



الشكل ٥,١: تصنيف كيميائية أنواع البطاريات.

تعد بطارية Li-ion هي الخيار المفضل لدى المستهلكين، ولا يوجد أي أنظمة بطاريات أخرى تهدد هيمنة هذه البطاريات في الوقت الحالي. كما أن سوق بطاريات Lead-acid مشابه لسوق بطاريات Li-ion. وهنا تقسم تطبيقاتها إلى بطاريات البدء SLI التي تقدم الآلية، والثبات لأنظمة إسناد القدرة، وبطاريات الدورة العميقة Deep-Cycle من أجل أنظمة النقل المدولبة مثل سيارات الغولف، كراسي المعوقين ومقصات التوصيلات. لبطاريات Lead-acid تموضع متين وقوي، استطاعت تحقيقه طوال المئة سنة الماضية. لا يوجد أي أنظمة أخرى تهدد بعزل هذه الكيمياء الرخيصة والمتسامحة في الوقت الراهن.

إن نوعية الطاقة العالية والتخزين الطويل جعل البطاريات القلوية أكثر شعبية من بطاريات كربون-زنك، والتي اخترعها جورج ليكلانشي في العام ١٨٦٨م. بيئياً فإن بطاريات هدريد النيكل المعدني تستمر بحجز دور مهم لها. وذلك كونها بدات تحل مكان العديد من التطبيقات التي خدمتها بطاريات NiCd. على أية حال، فإن هذه البطاريات لا تشارك سوى بما مجموعه 3% من السوق العالمية، وبالتالي فإن بطاريات NiMH تعد بمثابة لاعب ثانوي في عالم البطاريات ومن المحتمل أن يتخلى عن موقعه لصالح سوق الـLi-ion بحلول العام ٢٠١٥.

الدول النامية ستساهم في مبيعات البطاريات المستقبلية، والاسواق الجديدة هي أسواق الدراجات الكهربائية في آسيا وبطاريات التخزين لدهم الطاقة الكهربائية للتحكم بالاتصالات في إفريقيا و الأجزاء الأخرى من العالم. التوربينات الريحية، الطاقة الشمسية ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى تستخدم أيضاً البطاريات من أجل مساواة الأحمال. إن

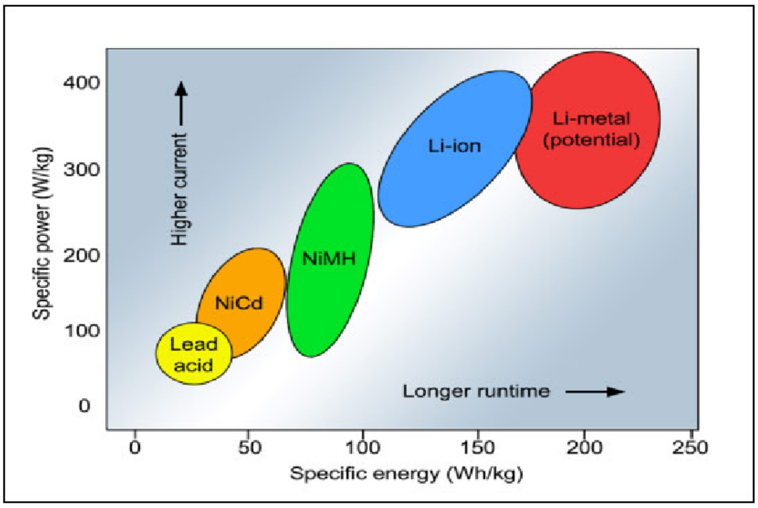
شبكات بطاريات التخزين الضخمة المستخدمة في تشغيل وتسوية الأحمال تقوم بالتقاط الطاقة من المصادر المتجددة الأخرى خلال الأنشطة المرتفعة وتقوم بتزويد قدرة إضافية من أجل متطلبات الاستخدام الضخمة.

إن الاستخدام الرئيسي الجديد للبطاريات قد يكون "قطار القدرة الكهربائي" من أجل استخدامه في السيارات الشخصية. على أية حال، فإن تكلفة البطارية وعمرها التشغيلي سيحدد مقدار السرعة التي سيقبل بها القطاع المؤتمت نظام الدفع الجديد هذا. إن الطاقة النفطية رخيصة، متوفرة وسهلة الاستخدام. أي بدائل أخرى تواجه تحديات صعبة. قد يتم توفير بعض الحوافز الحكومية، ولكن مثل هذا التدخل سوف يحرف الكلفة الحقيقية للطاقة، ويحجب المشكلة الكامنة بالوقود المستخرج وفقط يقوم بإرضاء بعض مجموعات الضغط "اللوبي" عبر حلول قصيرة الأمد.

أثناء الخمس سنوات الأخيرة، لم يظهر أي نظام بطاريات جديد استطاع أن يقدم تمهيداً لتقنية جديدة. على الرغم من تنفيذ العديد من الأبحاث، لا يوجد اية تطورات جديدة جاهزة كي تدخل إلى سوق العمل حتى هذا التاريخ، ولا يوجد أية تطورات قريبة من اختراق هذه النقطة بعد. هناك العديد من الأسباب التي تقف وراء هذا الكساد الظاهر في تقدم هذه الأنظمة، منها قلة المنتجات التي تبحث عن متطلبات صارمة للطاقة لا توجد سوى في البطاريات. على سبيل المثال: فإن مستخدمي البطاريات يرغبون بالسعر المنخفض، عمر تشغيل طويل، نوعية طاقة عالية، تشغيل آمن وصيانة قليلة. بالإضافة، فإن البطاريات يجب ان تعمل عند درجات الحرارة المختلفة "المرتفعة والباردة"، وتوفر قدرة عالية بناءً على الطلب وتتمتع بقابلية الشحن السريع. وفقط بعض هذه الخواص يمكن إنجازه مع تقنيات البطاريات المختلفة هذه. معظم المستهلكين راضين عن أداء البطاريات في الأجهزة المحمولة. هذه الأيام فإن تقنيات البطاريات أيضاً تقوم بخدمة أنظمة استرداد الطاقة والأنظمة المدولبة المتنقلة بشكل معقول إلى حد ما. إن استخدام تقنية بطاريتنا الحالية من أجل أنظمة القدرة المستجرة في السيارات، على أية حال، ربما صعبة المنال حالياً، وذلك بسبب التأثيرات طويلة المدى على البيئة التي لم يتم فهمها بشكل كامل. إن التغيير إلى مصدر قدرة البطاريات يقدم جزءاً من الطاقة الحركية مقارنة مع الطاقة الوقود المستخرج فإنها تجذب سائقي سيارت السباق والذين يسعون دائماً للحصول على عربات أكبر مع قدرة أكبر.

٢,٣,١ التقدم في البطاريات:

تتقدم البطاريات على جبهتين، وهذه التطورات تعكس نفسها جلياً في نوعية الطاقة المتزايدة في أزمنة تشغيل أطول وفي تحسين القدرة النوعية من أجل تسليم قدرة جيدة بناءً على الطلب. الشكل ٦,١ يبين كثافات الطاقة والقدرة لبطاريات lead acid, nickel-cadmium (NiCd), nickel-metal-hydride (NiMH) وعائلة (Li-ion).



الشكل ٦,١ كثافات الطاقة والقدرة لبطاريات **lead acid, nickel-cadmium (NiCd), nickel-metal-hydride (NiMH)** وعائلة **(Li-ion)**.

إن الطاقة النوعية هي قدرة البطارية في تخزين الاستطاعة الزمنية بالنسبة لواحدة الوزن أي Wh/kg. وأما القدرة النوعية فهي قدرة البطارية على توصيل القدرة بالواط لكل كيلو غرام W/kg.

إن بطاريات الليثيوم المعدنية Li-metal تم تقديمها إلى الملأ في العام ١٩٨٠م، ولكن عدم استقرار بالليثيوم المعدني على القطب الموجد دفع بسحبها من السوق في العام ١٩٩٠م.ولكن طاقتها النوعية العالية وكثافة قدرتها الجيدة كانت تتحدى المتحجين من أجل إعادة إحياء كيمياء هذه التقنية مرة أخرى. يمكن توفير أمان محسن عن طريق دمج الليثيوم المعدني مع القصدير والسيليكون. إن بطاريات الليثيوم المعدنية Li-metal تنجز ما مجموعه 300 Wh/kg، وهي الطاقة الأنسب من أجل تشغيل الحافلات الكهربائية.

٤,١ مقارنة البطاريات مع مصادر الطاقة الأخرى (Alternative Power Sources):

١,٤,١ تخزين الطاقة:

تخزن البطاريات الطاقة بشكل جيد ولوقت طويل نسبياً. البطاريات الأولية (غير القابلة للشحن) تختزن طاقة أكبر من البطاريات القابلة للشحن، كما أن التفريغ الذاتي لها أقل. تعتبر الخلايا القلوية جيدة جداً لمدة عشر سنوات استخدام بأقل خسائر ممكنة في خصائصها. البطاريات التي أساسها الرصاص، أو النيكل، أو الليثيوم، تحتاج لعملية إعادة شحن دورية من أجل تعويض القدرة الضائعة.

٢,٤,١ نوعية الطاقة (القدرة):

يمكن للبطارية أن تختزن طاقة كافية كي تستعملها أثناء تنقلك، لكن لا يمكن تحويل هذه الطاقة بشكل جيد من أجل الأنظمة النقالة والثابتة الكبيرة. على سبيل المثال، فإن بطارية بوزن 100 Kg (220 lb) تنتج بحدود 10 kWh من الطاقة، محرك الاحتراق الداخلي له نفس وزن هذه البطارية يستطيع إنتاج 100 kWh.

٣,٤,١ الاستجابة:

تمتلك البطاريات أفضلية ضخمة على مصادر الطاقة الأخرى من حيث قدرتها على الجهوزية العالية لتأمين الطاقة خلال زمن قصير جداً، وهذا ما لا تستطيع تحقيقه محركات الاحتراق الداخلي مثلاً، والتي تحتاج إلى عدة ثواني من أجل تأمين القدرة للتشغيل، وخلية الوقود تحتاج إلى عدة دقائق، ومحركات البخار البارد تحتاج إلى ساعات من أجل تأمين نفس كمية الطاقة.

١,٤,٤ سعة إرسال القدرة:

البطاريات القابلة لإعادة الشحن تمتلك مجال واسع لإعادة إرسال القدرة، النوعية التي تتشارك بها مع محركات الديزل. بالمقارنة، إن سعة إرسال خلية الوقود ضئيلة وهي تعمل بشكل أفضل مع الأحمال الخاصة (النوعية). المحركات النفاثة لديها أيضاً سعة إرسال محدودة.

١,٤,٥ البيئة:

تعمل البطاريات بشكل نظيف وتحافظ على حرارتها بشكل معتدل إلى حد كبير نسبياً، الخلايا المغلفة ليس لها عادم، هادئة ولا تصدر ضجيجاً. وهذا تباين حاد مع محركات الاحتراق الداخلي وخلايا الوقود الأكبر التي تتطلب ضواغط صاخبة ومراوح تبريد. أيضاً فإن محرك الاحتراق الداخلي يتطلب الهواء وينفث الغازات السامة.

١,٤,٦ الكفاءة:

تمتلك البطاريات كفاءة عالية. فالشحن تحت نسبة 70%، يعطي كفاءة شحن قريبة من 100% وضياعات التفريغ تكون بحدود عدة أجزاء من المئة. بالمقارنة، فإن كفاءة الطاقة لخلية الوقود تتراوح من 20%-60%، والمحركات الحرارية بحدود من %(25-30).

١,٤,٧ التركيب:

تعمل البطاريات المغلفة في أية وضعية وتوفر قدرة جيدة على امتصاص الصدمة وتحمل جيد للاهتزاز. هذه الفائدة لا يمكن استخدامها في البطاريات العائمة (السائلة) التي يجب أن تثبت وضعية قائمة. معظم محركات الاحتراق الداخلي يجب تثبيتها بوضعية قائمة وأن تتمتع بالقدرة على تحمل الصدمات من أجل خفض الضجيج. المحركات الحرارية تحتاج أيضاً إلى الهواء وإلى وجود العادم.

١,٤,٨ تكلفة التشغيل:

إن البطاريات التي أساسها النيكل أو الليثيوم هي الخيار الأنسب من أجل التجهيزات المحمولة. وتعد بطاريات Lead-Acid اقتصادية من أجل التطبيقات الثابتة ووسائل النقل المدولبة. إن الكلفة والوزن تجعلان البطاريات غير عملية من أجل استجرار الطاقة الكهربائية في العربات الضخمة. إن تكلفة بطارية لها استطاعة بحدود 1000 kWh تبلغ حوالي 1000$ أي 75000 ليرة سورية، كما أن لديها عمر تشغيل حوالي ٢٥٠٠ ساعة تشغيل. يضاف إلى ذلك كلفة الصيانة التي تبلغ 0.40$/hour وتكلفة الشحن من مصدر الطاقة المتناوب بحدود 0.10$/kWh. إن الكلفة لكل كيلو واط ساعي تبلغ نحو 0.50$. إن محركات الاحتراق الداخلي لديها كلفة

تشغيل أقل لكل كيلو واط ساعي ولديها عمر تشغيلي يبلغ نحو ٤٠٠٠ ساعة. وهذا يقدم ربحا من أجل كيلو واط ساعي واحد بحدود 0.34$.

٩,٤,١ الصيانة:

باستثناء تشريب البطاريات الحامضية المشبعة، وباستثناء من ضياع بيانات "ذاكرة الحاسب" عن طريق تفريغ شحن بطاريات Ni-Cd، فإن البطاريات القابلة لإعادة الشحن تتطلب صيانة أقل. تتضمن الخدمة تنظيف التآكل المتزايد على النهاية الطرفية الخارجية إضافة إلى تطبيق عمليات مراقبة الأداء بشكل دوري.

١٠,٤,١ حياة الخدمة:

البطاريات القابلة لإعادة الشحن لها أعمار تشغيل وخدمة قصيرة نسبياً حتى لو لم تستخدم. غن فترة التشغيل والحياة المناسبة للمستهلك هي من ٣-٥ سنوات، وهذا بالطبع غير مقبول من أجل البطاريات الأكبر المستخدمة في الصناعة، كما أن صانعي العربات الكهربائية والعربات الهجينة يقدمون كفالة تشغيلية تتراوح من ٨-١٠ سنوات. تقم خلية الوقود ساعات تشغيل من ٢٠٠٠-٥٠٠٠ ساعة تشغيل، وبالنظر إلى الاعتماد على الحرارة، والاستقرار الكبير، فإن البطاريات تعتبر جيدة لما بين ٥-٢٠ سنة.

١١,٤,١ الحدود الحرارية:

كما هو الحال بالنسبة للدبس، أيضاً درجات الحرارة المنخفضة تبطئ من العمليات الكيميائية، كما أن البطاريات لا تؤدي بشكل جيد في درجات التجمد. إن خلية الوقود تتمتع بالمشكلة نفسها، لكن محرك الاحتراق الداخلي يعمل بشكل جيد عند تشغيله في أي درجة حرارة. إن عملية الشحن للبطاريات يجب تنفيذها دائماً فوق درجة التجمد، كما أن التشغيل عند درجات الحرارة الأعلى يقدم أداء أفضل ولكنه أيضاً يسبب تقصيراً في عمر البطارية بسبب الإجهاد الإضافي عليها.

١٢,٤,١ زمن الشحن:

هناك أمر في غاية الأهمية ولا يتم التركيز عليه بشكل كافي، ألا وهو زمن الشحن، فأنظمة بطاريات الليثيوم والنيكل تستغرق من ١ إلى ٣ ساعات من أجل شحنها، وبطاريات Lead-acid تحتاج بشكل نموذجي إلى ١٤ ساعة شحن. بالمقارنة، فإن ملئ سيارة بالوقود يستغرق لعدة دقائق. وعلى الرغم من أن بعض الحافلات الكهربائية تستغرق أقل من ساعة كي تشحن 80% من قدرتها على مخرج كهربائي عالي القدرة، فإن مستخدمي الحافلات الكهربائية يحتاجون لإجراء العديد من التعديلات على عملية الشحن كي تصبح مثالية.

١٣,٤,١ التخلص من البطارية:

إن بطاريات Ni-Cd وبطاريات Lead-acid تحتوي على مواد سامة خطرة لا يمكن التخلص منها في مكبات القمامة العادية. أما بطاريات NiMH و أنظمة الليثيوم فهي صديقة للبيئة ويمكن التخلص منها برميها مع قمامة المنزل في الأماكن المخصصة لرمي النفايات، وتنصح السلطات دائماً بان يتم إعادة تدوير جميع البطاريات، من أجل تحقيق استقرار بيئي أفضل.

٥,١ مميزات البطاريات (Battery Definitions):

للبطاريات أشكال وأنواع لا يمكن حصرها، ويمكن التمييز فيما بينها عن طريق الكيمياء، الفولطية، الحجم، الطاقة النوعية (القدرة)، القدرة المسلّمة وأكثر من ذلك. يمكن للبطارية أن تعمل كخلية وحيدة لتشغل هاتفاً جوالاً مثلاً، أو أن يتم وصلها في سلسلة ما لتسلم مئات الفولتات لأجهزة UPS (أنظمة عدم انقطاع القدرة) ولأقطرة الطاقة الكهربائية في الحافلات. بعض البطاريات لها قدرة مرتفعة ولكن لها لا تستطيع تقديم جزء صغير منها، بينما بطاريات بدء التشغيل ذات القدرة المنخفضة نسبياً تستطيع تحريك محرك وبتيار 300 A.

إن أنظمة البطاريات الأكبر تستخدم من أجل التخزين الشبكي وذلك من أجل خزن وتسليم الطاقة المستمدة من منابع القدرة المتجددة كتوربينات الرياح وأنظمة الطاقة الشمسية. مثلاً محطة ريحية بقدرة 30 MWatt تستخدم بطارية تخزين بحدود 15 MWatt. وهذا يكافئ 20000 بطارية بدء تشغيل وبتكلفة تقدر بـ 10$ ملايين دولار أمريكي. وللعلم فإن ميغا واط واحد قادر على تغذية ٥٠ منزل دفعة واحدة أو سوق تجاري ضخم.

١,٥,١ الكيميائية:

أكثر المواد الكيميائية شيوعاً للبطاريات هي الرصاص ، النيكل، الليثيوم. ولكل نظام خوارزمية شحن خاصة به. لا يمكن تغييرها ما لم يتم وضع شروط محددة لتغيير قواعد شحن هذه الأنظمة، إن الكيميائيات المختلفة للبطاريات تجعل من المستحيل شحن جميع أنواع البطاريات بنفس الشاحن. كما يجب مراقبة كيميائية البطارية أثناء الشحن وعند التخلص النهائي منها، حيث ان كل نوع له متطلبات تنظيمية مختلفة.

٢,٥,١ الفولطية (الجهد):

تشير الفولطية المطبوعة على السطح الخارجي للبطارية إلى القيمة الاسمية لفولطية البطارية. يجب دائماً ملاحظة الفولطية الصحيحة عند الوصل مع الحمل أو الشاحن. حيث يمنع إكمال العمليات السابقة إذا كانت الفولطية المراد تحقيقها مختلفة عن الفولطية الاسمية، إن فولطية الدارة المفتوحة للبطارية في حالة عدم التحميل وفي وضعية الشحن القصوى يمكن أن تكون أعلى قليلاً من الفولطية الاسمية لها، وفولطية الدارة المغلقة للبطارية أثناء التحميل أو الشحن ستكون متفاوتة وفقاً لكل حالة.

٣,٥,١ القدرة (السعة):

تمثل السعة أو القدرة طاقة البطارية في الأمبير-ساعة Ah. إن مصنعي البطاريات في الغالب يبالغون في تقييم البطاريات المصنعة وفقاً للسعة بإعطائهم أمبير ساعي أعلى من الأمبير الساعي الذي يمكن للبطارية نفسها توفيره. يمكن استعمال البطاريات مع أمبير ساعي مختلف ولكن مع جهد صحيح نظامي، حيث أن القيم المقدرة تكون كافية تماماً من أجل الأمبير الساعي. الشواحن بشكل عام لديها بعض التحمل للبطاريات مختلفة الأمبير الساعي. فالبطارية الأضخم ستأخذ زمناً أطول في الشحن من البطارية الأصغر.

٤,٥,١ البرودة التي تحرك الأمبير (CCA):

إن المعيار CCA يحدد قابلية البطارية لسحب أعلى تيار حمل في الدرجة 18 C بالنسبة لبطاريات بدء التشغيل. المعايير المختلفة تحدد أزمنة تحميل متباينة و نهايات جهود مختلفة.

١,٥,٥ نوعية الطاقة والكثافة الطاقية:

إن نوعية الطاقة أو الكثافة الطاقية تحدد قدرة (سعة) البطارية بالسنبة لوزنها Wh/kg. الكثافة الطاقية الحجمية تعطى بالنسبة للحجم Wh/I.البطارية تملك طاقة نوعية عالية ولكن تفتقر إلى القدرة النوعية (سعة التحميل)، كما هو الحال في البطاريات القلوية. بدلاً من ذلك، البطارية ربما يكون لديها طاقة نوعية منخفضة ولكن لديها القدرة على تسليم قدرة نوعية عالية، وهذا ممكن مع السعويات الخارقة (البطاريات ذات سعة التخزين فوق الطبيعية). الطاقة النوعية هي مصطلح مرادف لسعة البطارية وزمن التشغيل.

١,٥,٦ القدرة النوعية:

إن نوعية القدرة تشير إلى قابلية التحميل، أو كمية التيار التي يمكن للبطارية توفيرها. البطاريات الخاصة بتجهيزات القدرة تبدي قدرة نوعية عالية ولكن على حساب سعتها (قدرتها الطاقية). القدرة النوعية مرادفة للمقاومة الداخلية المنخفضة وقدرة التسليم.

١,٥,٧ معدلات C:

إن معدلات C تحدد تيارات الشحن والتفريغ. عند النسبة 1C، البطارية تقوم بالشحن والتفريغ عند تيار معدل يحدد مع معدلات Ah المؤشرة على سطح البطارية. عند النسبة 0.5C التيار يكون نصف قيمة Ah. وعند النسبة 0.1C يكون واحد بالعشرة من Ah. عند الشحن، النسبة 1C يمكنها شحن بطارية بشكل جيد خلال ساعة واحدة، والنسبة 0.5C تأخذ ساعتي شحن، والنسبة 0.1C تأخذ ما بين ١٠-١٤ ساعة شحن.

١,٥,٨ الحمل:

الحمل هو الذي يقوم بسحب الطاقة من البطارية، مقاومة البطارية الداخلية واستنزاف حالة الشحن يسبب هبوط جهد البطارية. يتم قياس مقدار الطاقة المستخدمة خلال واحدة الزمن بالواط-ساعة Wh.

١,٥,٩ الواط والفولت أمبير (Watts & VA):

إن القدرة المسحوبة من البطارية يعبر عنها الواط W أو بالفولط أمبير VA. الواط هي الاستطاعة الفعلية التي يمكن قياسها، الـVA هي الاستطاعة الظاهرية التي تحدد ضبط توزيع الأسلاك إضافة إلى تحديد قواطع الدارة. في حالة حمل مقاوم صرف، فالنسبتين السابقتين تقرآن مثل بعضهما، أما في حالة حمل ردي كمحرك تحريضي أو لمبة فلورنسنت فإن ذلك يتسبب في هبوط معامل القدرة من حالته المثالية (1) إلى النسبة 0.7 أو أقل. على سبيل المثال، معامل قدرة بنسبة 0.7 هذا يعني كفاءة كهربائية قدرها 70%.

Chapter 2 الفصل الثاني

أصناف البطاريات

نظرة عامة (Overview):

يقدم هذا الفصل شرحاً وافياً عن أصناف البطاريات من حيث الحجم والكيميائية وقابلية الشحن وغيرها من المميزات، إضافة للحديث عن البطاريات الذكية وأنواع خلايا البطاريات وأنظمة البطاريات البديلة.

٢,١ أصناف البطاريات (Battery Classes):

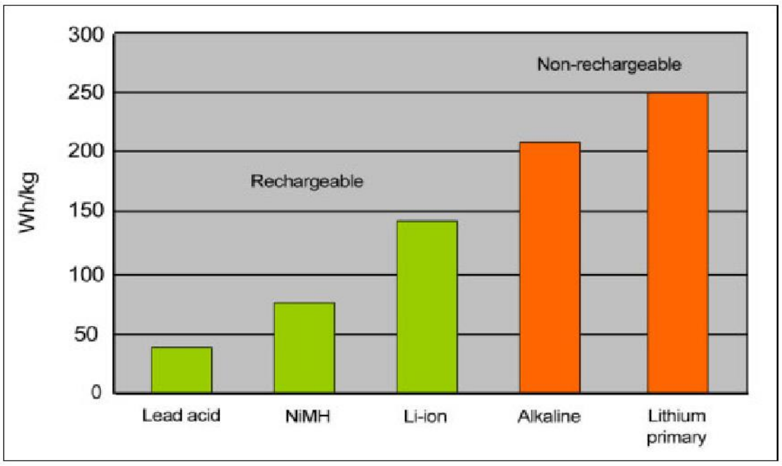
يمكن تقسيم البطاريات إلى عدة أصناف وذلك حسب (النوع، الحجم، الاستخدام، السعة، الكيميائية،...الخ). حيث تقسم من ناحية صنفها إلى صنفين: أولية وثانوية. ومن حيث الكيميائية فلا يمكن حصرها بنوع واحد، أما من حيث الحجم فلها أنواع عديدة ومقاسات متنوعة مثل (AA,AAA,C,D,E,F...)، ومن حيث قابلية الشحن فتقسم لنوعين: أولية غير قابلة للشحن، وثانوية قابلة للشحن.

٢,٢ البطاريات الأولية (الأساسية):

مع أن البطاريات الثانوية القابلة للشحن آخذة بالنمو بشكل كبير، مع ذلك لا تزال البطاريات غير القابلة للشحن (الأولية) لها أهمية على حد سواء مع الثانوية. فهي لاتزال تملأ الفجوة التجارية بشكل مهم وفي العديد من التطبيقات مثل ساعات اليد، أجهزة التحكم عن بعد، المفاتيح الالكترونية وألعاب الاطفال. البطاريات الأساسية أيضاً مهمة ومساعدة عندما يكون الشحن مستحيلاً أو لا يحقق الجانب العملي له، كما في المعارك العسكرية، مهمات الإنقاذ وعمليات إطفاء حرائق الغابات. التطبيقات الأخرى للبطاريات الأساسية هي مقاييس ضغط إطارات السيارات والشاحنات، أجهزة التعقب الخاصة بالحيوانات، منظمات الضغط لمرضى القلب، قطع التثقيب الذكية للحفر والتنقيب، إضافة إلى مشاعل الإنارة ومحطات التكرار البعيد. نوعية الطاقة العالية، أزمنة التخزين الطويل، وسهولة التشغيل تجعل هذه البطاريات مناسبة للعديد من التطبيقات. ويمكن حملها إلى الأماكن البعيدة أثناء الرحلات ويمكن استخدامها مباشرة، حتى بعد تخزين طويل الأمد. معظم هذه البطاريات رخيصة الثمن، متوفرة بسهولة، وملائمة للبيئة. الكربون-زنك والتي تعرف أيضاً بخلية لوكلانشيه، هي أرخص البطاريات الأساسية وتلحق بتجهيزات المستخدم التي تحتاج للعمل على البطاريات. إن بطاريات الأغراض العامة هذه تستعمل للتطبيقات ذات تصريف القدرة المنخفض، مثل أجهزة التحكم عن بعد، والمصابيح الكاشفة، ألعاب الأطفال، وساعات الحائط. إن أكثر البطاريات الأساسية شيوعاً للمستهلكين هي بطارية المنغنيز القلوي، أو البطارية القلوية باختصار، وهذه البطارية اخترعها لويس أوري في العام ١٩٤٩ أثناء عمله في مختبرات شركة Eveready للبطاريات في بارما، ولاية أوهايو الأمريكية. إن البطاريات القلوية تسلم طاقة أكبر عند تيارات الحمل العالية أكثر من بطاريات كربون-زنك، حيث أنها أفضل أنواع البطاريات

الأساسية، فهذه البطاريات لا تسرب السائل داخلها عند نفاذ قدرتها، كما تفعل بطاريات كربون–زنك. ولكن بالنسبة للوجه السلبي لها، فهو أن ثمنها أغلى من ثمن بطارية كربون–زنك.

إن البطاريات الأساسية لها إحدى أكثر الكثافات الطاقية ارتفاعاً. وعلى الرغم من أن البطاريات الثانوية تطورت بشكل أفضل، فإن البطارية القلوية المنزلية تعطي 50% طاقة أكثر من طاقة بطاريات Li-ion. إن أكثر كثافات الطاقية للبطاريات بشكل رئيسي هي بطارية الليثيوم المصنوعة لآلات التصوير والمعارك العسكرية. فهي تحتفظ بطاقة أعلى بثلاث مرات من بطاريات Li-ion وتأتي في امتزاجات وأنماط مختلفة. مثل الليثيوم المعدني، أكسيد منغنيز الليثيوم، كلوريد الليثيوم القصديري، أوكسيجين الليثيوم وأنماط أخرى، الشكل ١,٢ يبين الكثافات الطاقية المثالية لبطارية Lead-acid، NiMH، Li-ion، alkaline، وبطاريات الليثيوم الأساسية.



الشكل١,٢ : يبين مقارنة بين الطاقة النوعية للبطاريات الأولية والثانوية.

بشكل عام فإن البطاريات الثانوية تصنف نموذجياً بالنسبة 1C، البطارية القلوية تستخدم تيارات تفريغ أخفض.

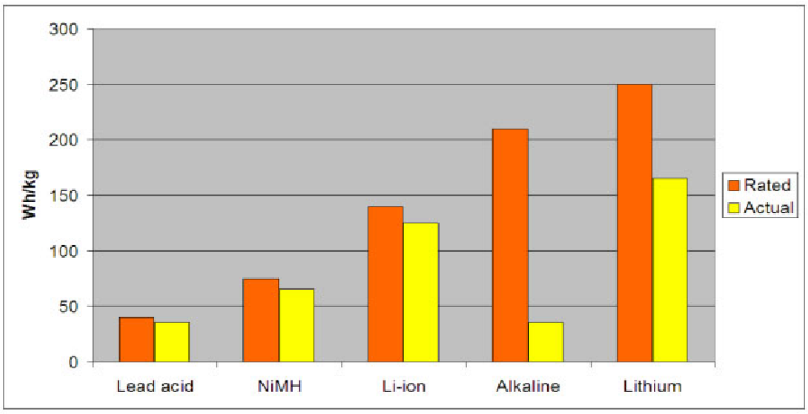
الطاقة النوعية تحدد الطاقة التي تستطيع البطارية الاحتفاظ بها. وهذا، بكل الأحوال، لا يضمن عملية التسليم للقدرة.

تميل البطاريات الأساسية إلى امتلاك مقاومة داخلية عالية، والتي تحد من تفريغ الأحمال الخفيفة مثل أجهزة التحكم عن بعد، مصابيح الكشف وأدوات الترفيه المتنقلة. وبالتالي لا يمكن مثلاً تشغيل الكاميرات الرقمية أو أجهزة التثقيب باستخدام بطارية قلوية.

إن مصنعي البطاريات الأساسية يحددون فقط الطاقة النوعية، أما القدرة النوعية (القابلية لتسليم القدرة) فلا يتم تحديدها من قبلهم. بينما معظم البطاريات الثانوية يتم تقديرها بتيار تفريغ ذو نسبة من 1C، إن قدرة البطاريات الأولية يتم قياسها عن طريق تفريغها عند تيار منخفض جداً من رتبة 25mA، أو من نسبة المعامل C. بالإضافة لذلك، يسمح لكل بطارية أن يحصل لها هبوط جهد يقدر بـ0.8V لكل خلية. إن طريقة التقييم هذه تزودنا بقراءات رائعة على الورق ولكن هذه النتائج تكون متدنية وسيئة عند طلب التحميل بشكل أكبر.

الشكل ٢,٢ يقارن أداء كل من البطاريات الثانوية والأولية عند نسبة تفريغ 1C. والنتائج هنا مشار إليها بشكل فعلي وتقديري. حيث أن الفعلي هو نسبة Wh/kg المسلمة عند نسبة تفريغ 1C، وأما المقدرة هي النسبة Wh/kg

التي يحددها المصنعون عند تفريغها بتيار صغير جداً. البطاريات الأولية تعمل بشكل جيد عند التفريغ الذي يمثله جهاز الترفيه، البطاريات الثانوية لها سعة أقل ولكن عندها مرونة أكبر عند التحميل بنسبة 1C.



الشكل ٢,٢: يبين مقارنة الطاقة تحت التحميل بين نوعي البطاريات

النسبة "Rated" تشير إلى تفريغ معتدل، والنسبة "Actual" تشير إلى الحمل عند النسبة 1C. والمقاومة الداخلية العالية للبطارية القلوية تحد قدرتها على إضاءة الأحمال.

إن السبب وراء هذا الأداء الحاد والهابط للبطاريات الثانوية هو المقاومة الداخلية العالية، والتي تسبب هبوط الجهد أثناء التحميل. إن هذه المقاومة تزداد أثناء تفريغ البطارية. الشكل ٢ يبين التناقض الأكبر بين النسبيتين "Rated" و "Actual" في البطاريات القلوية. إن بطارية قلوية ذات عمر طويل "لم تظهر في الشكل" بالطبع سوف تقدم نتائج أفضل .

الجدول ١,٢ يبين سعة البطاريات القلوية القياسية مع الأحمال والتي تكون نموذجياً للتجهيزات الترفيهية الشخصية أو من أجل الكشافات الضوئية الصغيرة. إن التفريغ عند نسب C جزئية يولد سعات عالية. وزيادة نسبة التفريغ سوف يخفض هذه النسبة بشكل شديد.

جدول ١,٢ : يبين المواصفات القلوية، إن التفريغ مشابه لتجهيزة كهربائية مع حمل صغير.

نوع البطارية	الجهد الاسمي	السعة المقدرة	فرق الجهد	التحميل المقدر	نسبة التفريغ C
9V	9 Volts	570 mAh	4.8 Volts	620 Ohm	0.025
AAA	1.5 Volts	1.150 mAh	0.8 volts	75 Ohm	0.017
AA	1.5 Volts	2.870 mAh	0.8 volts	75 Ohm	0.007
C	1.5 Volts	7.800 mAh	0.8 volts	39 Ohm	0.005
D	1.5 Volts	17.000 mAh	0.8 volts	39 Ohm	0.0022

إن استعمال البطاريات الأولية قد يكون غالياً، وعدم قابلية الشحن تزيد كلفة القدرة بحوالي ٣٠ طية على البطاريات الثانوية. وتصبح قضية التسعير حادة لدرجة كبيرة إذا تم استبدال مجموعة البطاريات بعد كل عملية، بغض النظر عن

طول الخدمة، التخلص الجزي الذي باستخدام البطاريات شائع إلى درجة ما، خصوصاً في التطبيقات السريعة والمهمات الحرجة. فهي أكثر أماناً وسهولة بالنسبة للقوات التي تعمل بعيداً عن قواعدها. وتشير تقارير وزارة الدفاع الأمريكية إلى أن نصف البطاريات التي يتخلص منها في الولايات المتحدة تستفيد منها وزارة الدفاع في إعادة تصنيعها للعسكريين الذين يخدمون بعيداً عن قواعدهم العسكرية.

إن تخمين حالة شحن البطارية قد يساعدنا، ولكن مثل هذه التجهيزات باهظة الثمن وغير دقيقة. إن الطريقة الأكثر استخداماً وصحة للقياس هي قياس جهد الدارة المفتوحة وقراءة المقاومة الداخلية عن طريق تطبيق حمل بسيط، ومن ثم التأكد من هبوط الجهد عليه. وإن فرق الجهد الكبير مرتبط بارتفاع قيمة المقاومة، وهذا تلميح إلى انتهاء عمر البطارية، هناك طريقة أكثر دقة وهي قياس الطاقة المتدفقة الخارجة، وهذا القياس يعرف أيضاً بحساب coulomb، ولكن هذا يتطلب مجموعة دوائر غالية الثمن.



الشكل ٣,٢ يبين أنواع البطاريات الأولية.

١,٢,٢ اختيار البطاريات الأولية:

البطاريات سابقاً كانت تستخدم بشكل رئيسي للأغراض التجريبية. حيث كانت الفولطيات تتقلب تحت الحمل مما جعل عملها مستحيلاً مع أغلب التطبيقات. في العام ١٨٣٦، جون إف.دانييل، كيميائي إنكليزي، طور بطارية محسنة تقدم تيار مستقراً أكبر وكانت مناسبة من أجل تزويد شبكات الإبراق بالقدرة الكهربائية حيث أن شبكات التوزيع الكهربائية لم تكن معروفة في تلك الآونة. هذه البطاريات المبكرة كانت بطاريات أساسية غير قابلة للشحن وبقيت كذلك حتى العام ١٨٥٩م، حيث قام الفيزيائي الفرنسي "غاستون بلانتي" باختراع أول بطارية قابلة للشحن مبنية على كيميائية Lead-acid.

الكربون–زنك، المعروفة أيضاً ببطارية لوكلانشيه، كانت واحدة من أولى البطاريات التجارية. إن خلية لوكلانشيه الأولى في العام ١٨٧٦م كانت سائلة، وأما الجافة فقام بتطويرها في العام ١٨٨٦م. أول مستهلكي بطارية كربون–زنك من أجل الكواشف الضوئية ظهر في العام ١٨٩٨م، والتطورات في البطاريات أسهمت في تشكيل شركة بطاريات Eveready. إن بطارية كربون–زنك هي أرخص البطاريات، وتأتي بشكل اعتيادي مع تجهيزات المستهلك. إن

بطاريات الأغراض العامة هذه تستخدم للتطبيقات ذات تصريف الطاقة المنخفض، مثل أجهزة التحكم عن بعد، الكواشف الضوئية، ألعاب الأطفال، وساعات الحائط.

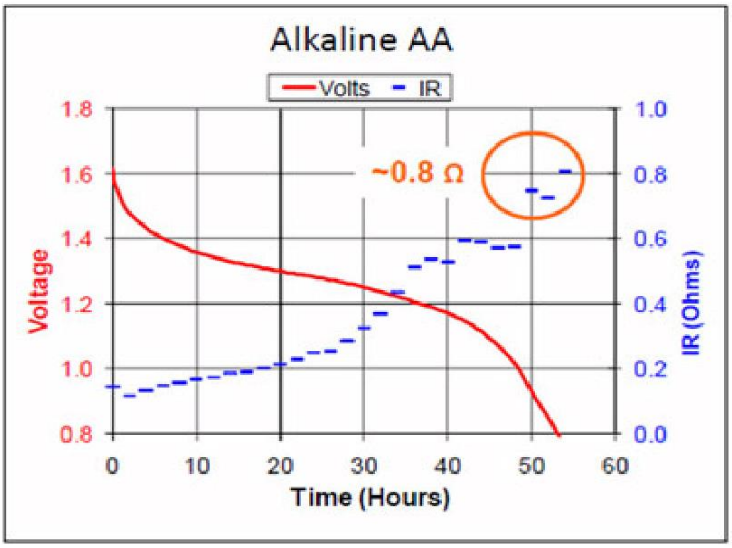
إن أكثر البطاريات الأولية شيوعاً عند المستهلكين هي بطاريات المنغنيز القلوي، أو القلوية باختصار. وهي تقدم طاقة أكبر من طاقة كربون–زنك عند تيارات الحمل الأعلى، كما أنها ضد التسريب، رغم أنها لا تمنع التسريب بشكل كلي، إن تفريغ هذه البطارية يولد غاز الهيدروكسيد. جميع البطاريات الأولية تولد غازات أثناء تفريغها. إن الأجهزة المحمولة العاملة على هذه البطاريات يجب أن تمتلك فتحة تنفيس لهذه الغازات.

إن بطارية Li-FeS2 أو ثنائي كبريت الليثيوم الحديدي، هي منضم جديد إلى عائلة البطاريات الأولية كما أنها تقدم أداءً أفضل. إن بطاريات الليثيوم بشكل عام تقدم جهداً قدره 3V أو أعلى، ولكن بطارية Li-FeS2 تنتج 1.5V وبالتالي تحل بدلاً من البطاريات القلوية وبطاريات كربون–زنك في العائلتين AA و AAA. فهي لديها سعة أعلى ومقاومة داخلية أقل من القلوية. وهذا يمكِّن حالة معتدلة للأحمال الثقيلة ومثالي لآلات التصوير الرقمية. الفوائد الأخرى لها هي تحسين الأداء الحراري المنخفض، التغلب على مقاومة التسريب، إضافة إلى حالة تفريغ ذاتي صغيرة، والقدرة على التخزين لـ١٥ عام عند درجات الحرارة الطبيعية. ولا ننسى الوزن الصغير والسمية المنخفضة هي أيضاً من فوائد هذه البطاريات.

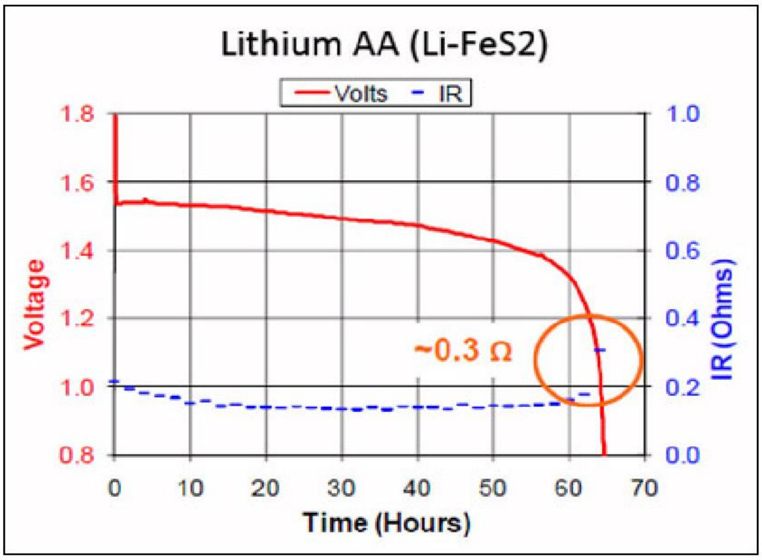
أما سيئات بطاريات Li-FeS2 هي السعر المرتفع، وقضايا النقل وذلك لأن معدن الليثيوم محتوى في القطب الموجب لها. وهذا يسبب تقييداً في الشحن الهوائي. في العام ٢٠٠٤، منعت إدارة الطيران الاتحادية في الولايات المتحدة الأمريكية FAA شحنات معظم بطاريات الليثيوم الأساسية على رحلات السفر، ولكن مسافري شركة الطيران سمح لهم بحمل هذه البطاريات في لوحة صغيرة أو في حقائبهم الشخصية. إن كل بطارية Li-FeS2 ذات الحجم AA تحتوي على 0.98 g من الليثيوم. إن الحدود الجوية المسموحة لبطاريات الليثيوم الأولية هي غرامان فقط (و٨ غرامات من أجل بطاريات Li-ion). وهذا يحدد لكل مسافر خليتين فقط، على أي حال، فإن الاستثناءات دائماً موجودة وفي الحقيقة يسمح بحمل ١٢ بطارية لكل مسافر.

إن بطاريات Li-FeS2 تتضمن تجهيزات أمان تتجلى في قاطع حراري PTC مهمته تحديد التيار عند درجات الحرارة العالية. إن خلية Li-FeS2 غير قابلة للشحن كما هو ممكن مع بطاريات NiMH في النماذج AA و AAA. عند إعادة الشحن، يجب الانتباه غلى عدم استخدام أكثر من نوع من البطاريات مع بعضها البعض كي لا يسبب ذلك حدوث تسريب للتيار أو حتى انفجار.

الأشكال ٤,٢ و ٥,٢ تقارن بين فولطية التفريغ والمقاومة الداخلية لكل من البطاريات القلوية وبطاريات Li-FeS2 عند حمل نبضي قدره 50mA. حيث يظهر منحني جهد مستوي مع منحني المقاومة الداخلية المنخفضة لليثيوم ، يظهر منحني القلوي هبوطاً تدريجياً في الجهد و زيادة دائمة في المقاومة مع الاستعمال. وهذا يقصر من زمن التشغيل، وخصوصاً عند الأحمال المرتفعة.



الشكل ٤,٢ : يبين الجهد والمقاومة الداخلية للبطارية القلوية أثناء التفريغ، حيث تحدث هبوطات الجهد بسرعة مسببة ارتفاع قيمة المقاومة



الشكل ٥,٢ :يبين الجهد والمقاومة الداخلية لبطارية الليثيوم أثناء التفريغ، حيث تسطح منحني الجهد مع بقاء المقاومة الداخلية منخفضة.

إن النماذج AA و AAA هي أكثر أنماط الخلايا شيوعاً. وتعرف باسم بطاريات "Penlight" أو القلم الخفيف. إن النموذج AA أصبح متوفراً للعامة في العام ١٩١٥م وكان يستخدم كأداء تجسس أثناء الحرب العالمية الأولى، وحد معهد المعايير القومي الأمريكي هذا النموذج في العام ١٩٤٧م. النموذج AAA تم تطويره في العام ١٩٥٤م وذلك من أجل تصغير حجم كاميرات "Kodak" و "Polaroid" ومن أجل تقليص حجم الأدوات المحمولة الأخرى. في العام ١٩٩٠م، فرع من بطارية 9V أنتج النموذج AAAA من أجل المؤشرات الليزرية، إبر الحاسوب، ومكبرات سماعة الرأس.

الجدول ٢,٢: يبين يقارن بطاريات Carbon-zinc, alkaline, lithium, NiCd, NiMH و nickel-zinc و أحجام خلايا AA و AAA.

	Carbon-zinc	Alkaline	Lithium (Li-FeS2)	NiCd	NiMH
السعة** AA AAA	400-1700 ~300	1800-2800 800-1200	2500-3400 1200	600-1000 300-500	800-2700 600-1250
الجهد الاسمي	1.50	1.50	1.50	1.20	1.20
نسبة التفريغ	منخفض جداً	منخفض	متوسطة	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً
قابلة للشحن	لا	لا	لا	نعم	نعم
العمر الأقصى	١-٢ سنة	٧ سنوات	١٠-١٥ سنة	٣-٥ سنوات	٣-٥ سنوات
مقاومة التسريب	سيئة	جيدة	خارقة	جيدة	جيدة
البيع المفرد* AA AAA	غير متوفرة في معظم المتاجر	0.40-2.80$ 1.50-2.80$	3.00-5.00$ 4.00-5.00$	غير متوفرة في معظم المتاجر	4.00-5.00$ 4.00-5.00$

إن سعة النموذج AA هي ضعف سعة AAA عند نفس السعر، إن كلفة تخزين الطاقة لـAAA هي أكبر مرتين من النموذج AA.

**: السعة مقدرة بالـmAh، تيار التفريغ أقل من 500mA.

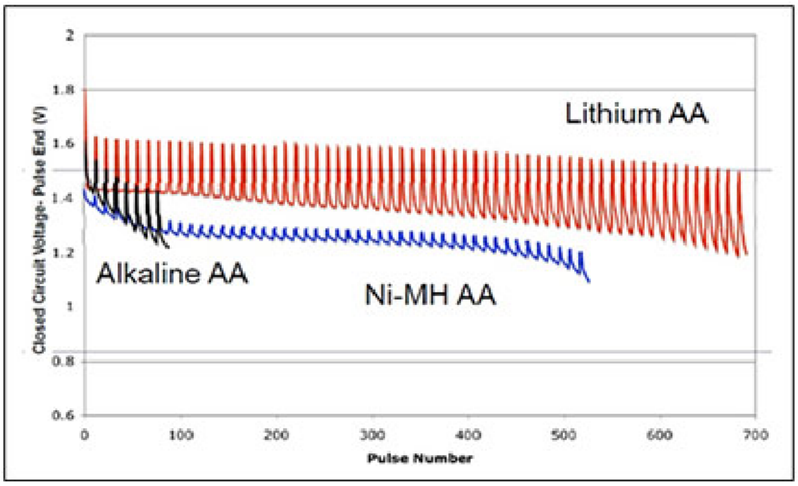
*:الأسعار المقدرة في الولايات متحدة الأمريكية.

تحتوي خلية AAA تقريبياً نصف القدرة التي تملكها خلية AA عند نفس السعر. جوهرياً، كلفة الطاقة للـAAA هي أكبر بمرتين من AA. إن كلفة الطاقة تأخذ عادة المرتبة الثانية ومصنعي الأجهزة يفضلون استعمال AAA الأصغر على AA الأكبر. تساعد اعتبارات التصميم الصحيحة في حماية البيئة عن طريق توليد نفايات أقل.

إن أسعار البطاريات القلوية بالمفرّق تتفاوت، وكذلك هو أداؤها، وأكد ذلك مؤسسة هندسية أمريكية اسمها "Exponent"، حيث تحققت من سعة ثمانية أصناف تجارية للبطاريات القلوية في مجموعة AA، واكتشفت تناقضاً بين أفضل وأسوأ أداء بحدود 800%. إن المقياس العملي لاختبار البطاريات هو حساب عدد اللقطات التي يمكن أن تلتقطها كاميرا رقيمة تمتلك مجموعة خلايا. إن نبضات التيار المرتفعة نسبياً للكاميرا الرقمية تجهد البطارية أكثر مما يفعله جهاز التحكم عن بعد أو ساعة المطبخ. عند توقف عمل البطارية القلوية النظامية في الكاميرات الرقمية، فغن الطاقة المتبقية تستطيع تشغيل جهاز تحكم عن بعد، أو تشغيل ساعة مطبخ لسنتين متتاليتين.

الشكل ٦,٢ يشرح عدد اللقطات الممكن التقاطها بكاميرا رقمية مع نبضات تفريغ باستطاعة 1.3 Watts على بطاريات الـAlkaline، NiMH، الليثيوم و Li-FeS2 في حزم AA. (يتم وضع خليتين تسلسلياً لإنتاج جهد 3V، 1.3W، وتيار 433mA). على الرغم من أن كيميائيات البطاريات الثلاث المختبرة لديها نفس القدرة، فإن النتائج التي على شكل نبضات تُحصي تفاوتاً كبيراً. والفائز الواضح هنا هو Li-FeS2 مع 690 نبضة وتيار

3Ah، الثاني هو NiMH مع 520 نبضة وتيار 2.5Ah، والثالث بعيد تماماً عنهم هو القلوية القياسية حيث تنتج 85 نبضة وتيار 3Ah فقط.



الشكل ٦,٢ يشرح عدد اللقطات الممكن التقاطها بكاميرا رقمية مع نبضات تفريغ باستطاعة 1.3 Watts على بطاريات الAlkaline، NiMH، الليثيوم و Li-FeS2 في حزم AA.

إن السعة المقدرة يمكن اعتبارها كمؤشر أداء وهو مفيد جداً عند تيارات تفريغ منخفضة، يلعب معامل القدرة دوراً مهماً عند الأحمال المرتفعة. إن العلاقة بين سعة الطاقة والقدرة على تسليم التيار يمكن تصويرها بشكل أفضل عن طريق مخطط "Ragone" نسبة للعالم "David V. Ragone "، إن مخطط "Ragone" يقيم تجهيزات تخزين القدرة على أساس الطاقة والقدرة.

٣,٢ البطاريات الثانوية (Secondary Batteries):

١,٣,٢ جدول مقارنة البطاريات الثانوية:

تلعب البطاريات الثانوية دوراً مهماً في حياتنا، والعديد من الأعمال الروتينية اليومية ستكون مستحيلة بدون شحن بطارياتنا، إن مجال الاهتمام بهذه البطاريات يكمن في الطاقة النوعية، سنوات الخدمة، مميزات الحمل، الأمان، التفريغ الذاتي، القضايا البيئية، متطلبات الصيانة، وكيفية التخلص منها.

إن نظام Lead-acid هو واحد من أقدم أنظمة البطاريات القابلة للشحن، اقتصادي في السعر، ويملك طاقة نوعية منخفضة، ودورة حياة محدودة. إن هذا النظام يستخدم لكراسي المعوقين، سيارات الغولف، ناقلات الجنود، أضواء الطوارئ، وأنظمة عدم انقطاع القدرة (UPS).

بطاريات NiCd عملها مفهوم بشكل جيد، وتستخدم لأمد خدمة طويل، وتيار تفريغها عالي، ولها درجة حرارة مفرطة، وسعر اقتصادي يعطيها المزيد من الأهمية. بسبب الاعتبارات البيئية، بُدِأ استبدال بطاريات NiCd مكان الكيميائيات الأخرى، التطبيقات الرئيسية لها هي، أدوات القدرة، الراديوهات المزدوجة، الطائرات ووحدات UPS.

بطاريات NiMH هي البديل العملي لبطاريات NiCd، حيث تمتلك طاقة نوعية أعلى ومعادن سامة أقل. تستخدم هذه البطاريات في التجهيزات الطبية، السيارات الهجينة والتطبيقات الصناعية. وهذه البطارية في خلايا من قياس AA و AAA للاستهلاك المحلي.

بطاريات Li-ion هي أكثر أنظمة البطاريات الواعدة، تستخدم في منتجات المستهلك المحمولة بشكل جيد ومنافس لما يفعله القطر الكهربائي للعربات، ولكنها أكثر غلاءً من أنظمة Lead-acid والNickel وتحتاج إلى دارة حماية من أجل الأمان.

إن عائلة ليثيوم-أيون Li-ion مقسمة لثلاث أنواع بطاريات رئيسية، كذلك فهي تسمى بأكاسيد أقطابها السالبة "الكاثودية"، والتي هي الكوبالت، المنغنيز، والفوسفات. إن خصائص أنظمة Li-ion هذه هي كالآتي:

- كوبالت أيون الليثيوم LiCoO2، وتتميز بطاقة نوعية عالية وسعات حمل معتدلة وحياة خدمة معتدلة. تطبيقاتها تشمل الهواتف الخلوية، أجهزة الحاسب المحمولة، الكاميرات الرقمية...الخ.
- منغنيز أيون الليثيوم أو منغنيز الليثيوم LiMn2O4، وتتميز بقدرة تيارات شحنها وتفريغها العالية ولكن طاقتها النوعية منخفضة وعمر خدمتها معتدل، وتستخدم لأدوات القدرة، الآلات الطبية، وأنظمة استجرار الطاقة الكهربائية.
- فوسفات الليثيوم LiFePO4 وهي مشابهة لمنغنيز الليثيوم، جهدها الاسمي 3.3V للخلية الواحدة، دورة عملها طويلة، أمانها جيد، ولكن لديها تفريغ ذاتي أعلى من باقي أنظمة الليثيوم.

هناك العديد من أنظمة الليثيوم الأخرى، لا يمكن حصرها جميعها، ومنها بطاريات بوليمير الليثيوم Li-Polymer. بما أن أنظمة الليثيوم أخذت أسمائها من المعادن الفريدة المشكلة لمهبطها، فإن أنظمة ليثيوم بوليمير تتميز بمعماريتها الفريدة، وهنا ننوه أنه لم يتم ذكر أي نظام ليثيوم-معدني قابل للشحن. وهذه البطاريات Li-metal تتطلب تطويرات أخرى لتستطيع التحكم بعملية النمو المتشجرة والمتفرعة لها، والتي يمكن تسويتها وحلها بأمان. وعند حلها، فإن بطاريات Li-metal ستصبح بديلاً عن البطاريات الأخرى مع طاقة نوعية عالية فوق المستوى الطبيعي "خارقة" وقدرة نوعية جيدة.

الجدول ٣,٢ يقارن خصائص أربعة أنظمة بطاريات قابلة لإعادة الشحن، مشيراً إلى تقديرات الأداء المتوسطة.

الخصائص	Lead acid	NiCd	NiMH	Li-ion Cobalt	Li-ion Manganese	Li-ion Phosphate
كثافة الطاقة النوعية Wh/kg	30-50	45-80	60-120	150-190	100-135	90-120
المقاومة الداخلية mΩ [1]	<100 12V للمجموعة	100-200 6V	200-300 6V للمجموعة	150-300 7.2V	25-75[2] للخلية الواحدة	25-50[2] للخلية الواحدة

		للمجموعة				
دورة الحياة 4 80% تفريغ	200-300	1000[3]	300-500[3]	500-1000	500-1000	1000-2000
زمن الشحن السريع	8-16h	1h بالحالة المثالية	2-4h	2-4h	1h أو أقل	1h أو أقل
تحمل التحميل الزائد	مرتفعة	متوسطة	منخفضة	المستوى المنخفض لا يتحمل الشحن المتواصل		
التفريغ الذاتي/شهر (درجة حرارة الغرفة)	5%	20%[5]	30%[5]	<10%[6]		
جهد الخلية (الاسمي)	2V	1.2V[7]	1.2V[7]	3.6V[8]	3.6V[8]	3.3V
فرق جهد الشحن (V/cell)	2.40 2.25 أثناء التشبع	شحن كلما يتم كشفه بشارة الجهد		4.20		3.60
فرق جهد التفريغ (V/cell, 1C)	1.75	1.00		2.50-3.00		2.80
تيار الحمل عند الذروة (أفضل نتيجة)	5C[9] 0.2C	20C 1C	5C 0.5C	>3C <1C	>30C <10C	>30C <10C
حرارة الشحن	-20-50 °C	0-45°C		0-45°C[10]		
حرارة التفريغ	-20-50 °C	-20-65°C		-20-60°C		
متطلبات الصيانة	3-6 أشهر 11	30-60 يوم (تفريغ)	60-90 يوم (تفريغ)	غير مطلوب		
متطلبات الأمان	استقرار حراري	استقرار حراري، حماية عامة عن طريق فيوز		حماية إلزامية عن طريق دارة حماية 12		
بداية استخدامها الأول	أواخر عام 1800	عام 1950	عام 1990	عام 1991	عام 1996	عام 1999
درجة السمية	عالية جداً	عالية جداً	منخفضة	منخفضة		

يظهر الجدول ٢,٣ الخصائص العامة للبطاريات القابلة للشحن المستخدمة.

هذا الجدول مبني على أساس معدلات تقريبية للبطاريات التجارية، إن المعدلات التقريبية للبطاريات التجريبية تم استثنائها من الجدول أعلاه.

1 إن المقاومة الداخلية لمجموعة البطاريات تتفاوت بمعدلات الميللي أمبير الساعي mAh، وتوزيع الأسلاك وعدد الخلايا. تضيف دارة الحماية لبطارية Li-ion حوالي 100mW.

2 مستندة على أساس حجم الخلية 18650، حيث أن تصميم وحجم الخلية يحددان المقاومة الداخلية.

3 إن دورة الحياة للبطارية تعتمد على إجراء الصيانة المنتظمة لها.

4 دورة الحياة معتمدة على عمق التفريغ. فعمق التفريغ الضحل يحسن عمر البطارية.

5 التفريغ الذاتي يرتفع يكون في أعلاه بعد الشحن. فبطاريات NiCd تخسر 10% من قدرتها خلال الـ ٢٤ ساعة الأولى، ثم تنحدر إلى 10% كل ٣٠ يوم. حيث أن الحرارة العالية تزيد من التفريغ الذاتي.

6 تستهلك دارات الحماية النموذجية 3% من الطاقة المختزنة كل شهر.

7 الجهد التقليدي 1.25V، ولكن 1.2V هو الأكثر استخداماً بشكل عام.

8 إن المقاومة الداخلية المنخفضة تخفض من هبوط الجهد تحت تأثير الحمل، وبطاريات Li-ion تقدر في أغلب الأحيان بـ3.6V للخلية. الخلايا التجارية 3.7V أو 3.8V تكون متوافقة تماماً مع الـ 3.6V.

9 إن قدرة نبضات التيار المرتفعة، تحتاج زمناً ليتم استعادتها.

10 لا تقم بشحن بطاريات Li-ion النظامية تحت درجة التجمد.

11 الصيانة تكون على شكل موازنة أو شحن فائق لمنع تشكل الكبريت.

12 فرق الجهد يكون أقل من 2.2V أو أكثر من 4.30V في معظم بطاريات Li-ion، إن أوضاع الجهود المختلفة يتم تطبيقها على بطاريات "فوسفات حديد الليثيوم" LiFePO4.

١,٣,٢ البطاريات التي أساسها الرصاص:

هذه البطاريات اخترعها الفيزيائي الفرنسي "غاستون بلانتي" في العام ١٨٥٩، حيث كانت بطارية Lead-acid أو بطارية قابلة لإعادة الشحن للاستخدام التجاري. بالرغم من عمرها المتقدم، فإن كيميائية الرصاص تتابع تقدمها نحو الاستخدام الواسع لها هذه الأيام، وهناك بالطبع عدة أسباب تقف وراء شعبيتها الكبيرة، فبطاريات Lead-acid موثوقة ورخيصة الثمن. هناك بضعة بطاريات فقط قادرة على تسليم قدرتها بشكل أعظمي بشكل رخيص كما في بطاريات Lead-acid، وهذا يجعل سعرها فعّالاً لوسائل النقل، سيارات الغولف، الرافعات، و مزودات القدرة غير المنقطعة (UPS).

ولكن لهذه البطاريات أيضاً العديد من الأضرار، فهي ثقيلة الوزن ودورة عملها أقل بمرتين من أنظمة بطاريات النيكل والليثيوم. وعملية التفريغ الكامل لها تسبب إجهاداً وكل عملية شحن/تفريغ دائمة للبطارية تنتزع منها قدرة "سعة" صغيرة. وهذه الخسارة تكون صغيرة في حال توفر شروط التشغيل الجيدة، وهذا الذبول يزداد عندما يهبط الأداء إلى نصف سعة البطارية الاسمية. إن خصائص الاهتراء هذه تنطبق على جميع البطاريات في درجات حرارة متفاوتة.

اعتماداً على عمق عملية التفريغ، فإن الـ Lead-acid من أجل تطبيقات دورية عميقة تزودنا بحدود ٢٠٠-٣٠٠ دورة شحن/تفريغ. إن الأسباب الرئيسية لقصر دورة حياتها نسبياً هي تآكل الشبكة على الالكترود الموجب، إن نضوب المادة النشطة وتمدد الطبقات الموجبة. وهذه التغييرات الأكثر سواداً "وجوداً" هي عند درجات حرارة التشغيل المرتفعة وعند عمليات تفريغ التيار العالية الشدة.

إن شحن بطاريات Lead-acid هي عملية بسيطة ولكن حدود الجهد الصحيحة يجب أخذها بالحسبان، وهنا توجد هذه المساومات، إن اختيار حدود جهد منخفضة يحمي البطارية ولكن هذا يخلّف أداءً سيئاً ويعزز من عملية التكبرت على الطبقة السالبة. أيضاً اختيار الجهد المرتفع يزيد في الأداء ولكن على حساب تشكل تآكل شبكي على الطبقة الموجبة. طالما أن التكبرت يمكن إبطاله أو تغييره إذا تمت معالجته في الوقت المناسب، فإن التآكل يكون دائم.

لا تعتبر بطارية Lead-acid بطارية سريعة الشحن ومثل أكثر أنواع بطاريات فئتها، فإنها تستغرق ما بين ١٤-١٦ ساعة شحن. وهنا يجب التنويه إلى الحفاظ على شحن البطارية بشكل كامل ودائم. فالشحن المنخفض يسبب التكبرت. وهو حالة تسبب انخفاض أداء البطارية. إن إضافة الكربون على الصفيحة السالبة يقلل من هذه المشكلة ولكن يقلل أيضاً من الطاقة النوعية.

لبطاريات Lead-acid فترة حياة معتدلة. إن الاحتفاظ بالشحن يكون أفضل بين البطاريات القابلة للشحن. بينما بطاريات NiCd تخسر تقريباً 40% من طاقتها المختزنة خلال ثلاثة أشهر، والتفريغ الذاتي لبطاريات Lead-acid يكون نفسه خلال السنة الواحدة. وهي تعمل بشكل جيد عند درجات الحرارة الباردة وهي تتفوق على بطاريات Li-ion في شروط التشغيل تحت الدرجة 0°C.

بطاريات Lead-acid المغلقة:

إن أول ظهور لبطارية Lead-acid مغلقة ومتحررة من عملية الصيانة الدورية كان في منتصف عام ١٩٧٠م، حيث كان الجدل يدور بين المهندسين عن أن تعبير "بطارية Lead-acid مغلقة" هو تعبير خاطئ لأنه لا يمكن وجود بطارية Lead-acid مغلقة بشكل كامل. وهذا الجدل انقلب إلى حقيقة خطأ هذا التعبير حيث يقوم مصممو هذه البطاريات دائماً بإضافة صمام للسيطرة على تصريف الغازات عمليات الشحن المرهق والتفريغ السريع. وبدلاً من غمر الطبقات "الصفائح" بالسائل، فإن الالكترود يكون مشبع بفاصل مبلل. وهو تصميم يشبه أنظمة النيكل والليثيوم. وهذا يمكن البطارية من العمل في أي تغير فيزيائي بدون وجود تسريب.

البطاريات المغلقة تمتلك الكترودات أقل من النمط العائم، لذلك فإن التعبير "Acid-Starved" أو الحامض الناقص ربما يكون أكثر المزايا الهامة لهذه البطاريات في قدرتها على دمج الهيدروجين والأوكسيجين لتشكيل الماء ومنع خسارته. إن إعادة الاتحاد أو الدمج هذه تتشكل عند ضغط معتدل من قيمة 0.14bar (2psi). الصمام يعمل كمنفس آمن عند زيادة الغازات أثناء زيادة الشحن أكثر من اللازم أو عند التفريغ المرهق. التنفيس المتكرر يؤدي إلى جفاف الخلية.

بالاعتماد على هذه الفوائد، أنواع عديدة من البطاريات الحامضية المغلقة ظهرت وأكثرها شيوعاً النمط الهلامي، والتي تعرف أيضاً بـ "VRLA" أو بطارية حامض الرصاص ذات منظم الصمام، و أيضاً تعرف بالحصية الزجاجية الممتصة "AGM". إن هذه الخلية الهلامية تحتوي على نوع من الجيل اسمه السليكا والذي يقوم بتثبيت أو تعليق الالكترود في المعجون. المجموعات الأصغر منها لها سعة تصل حتى 30A وتسمى SLA (Sealed Lead acid). ويتم تعبئتها في حاويات بلاستيكية، وهذه البطاريات تستخدم من أجل أجهزة UPS الصغيرة، أضواء الطوارئ، أجهزة

التهوية للعناية بالصحة، وكراسي المعوقين. بسبب سعرها الاقتصادي، موثوقية خدمتها وصيانتها المنخفضة، فإن بطاريات SLA تبقى الخيار المفضل للعناية الصحية والطب الحيوي في المشافي وغيرها. أما الـ VRLA فهي عبارة هلام أضخم مختلف يستخدم كمصدر قدرة احتياطي من أجل أبراج البث الخلوية، مراكز الانترنت، البنوك، المستشفيات، المطارات، وغيرها من المواقع.

إن الـ AGM هو تصميم جديد، يوفر العديد من الفوائد لأنظمة Lead-acid، من ضمنها الشحن السريع وتيارات الحمل العالية الفورية عند الطلب. الـAGM تعمل بشكل أفضل كبطارية بمجال وسطي مع سعات من 30-100Ah وهي لا تناسب الأنظمة الضخمة، كأجهزة UPS. الاستخدام النموذجي هو بطاريات بدء التشغيل في الدراجات النارية، ووظيفة الانطلاق والتوقف في السيارات الهجينة الصغيرة.

مع فائدتي العمر والتدوير، فإن قدرة الـ AGM بدأت تبهت بشكل تدريجي، وعلى الجانب الآخر، الهلام، له منحني أداء يشبه القبة ويبقى في مجال أداء مرتفع لزمن أطول ولكن فجأة ينخفض وينتهي عمره التشغيلي. الـAGM أكثر غلاءً من البطاريات العائمة، ولكنها أرخص من البطاريات الهلامية.

على خلاف البطاريات العائمة، فإن البطاريات المغلقة الحمضية مصممة من أجل إمكانية تحمل زيادة الجهد وذلك من أجل منع البطارية من أن تصل لحالة إمكانية توليد غازها اثماء الشحن. إن زيادة الشحن تسبب تسمماً بالغاز، إن التنفيس ونضوب الماء لاحقاً والجفاف. لذلك، الهلام، وجزئياً أيضاً الـAGM، لا يمكن شحنها إلى طاقتها الكاملة وحدود جهد الشحن يجب أن يتم ضبطها بشكل أخفض من نظيرتها العائمة. إن الشحن العائم عند الشحن الكامل يجب خفضه أيضاً. فيما يتعلق بالشحن، فإن الهلام والـ AGM ليسوا بدائل مباشرة للنمط العائم. إذا لم يتوفر شاحن معين مع إعدادات جهد منخفضة، قم بفصل الشاحن بعد ٢٤ ساعة شحن. وهذا سيمنع التسمم بالغاز بسبب الفولطية العالية جداً.

إن درجة حرارة التشغيل القصوى لبطاريات VRLA هي 25°C، كل 8°C درجات تزيد فوق عتبة درجة الحرارة هذه فإنها ستنقص عمر البطارية إلى النصف. يقدر شحن بطاريات Lead-acid بـ ٥ ساعات أي 0.2C وتفريغها يقدر بحوالي ٢٠ساعة أي 0.05C. والبطارية تؤدي بشكل أفضل عند تفريغها بشكل بطيء كما أن قراءات السعة تكون أعلى بشكل خاص عند نسبة التفريغ البطيئة. تستطيع بطاريات Lead-acid بكل الأحوال، تسليم تيارات نبضية عالية لعدة نسب C وذلك فقط بضع ثواني، وهذا يجعلها مناسبة كبطاريات بدء التشغيل. والتي تعرف أيضاً بمحرك البدء الأولي Starter Light-Ignition أو اختصاراً "SLI". إن المستوى العالي للرصاص ولحمض الكبريت يجعل بطاريات Lead-acid غير صديقة للبيئة.

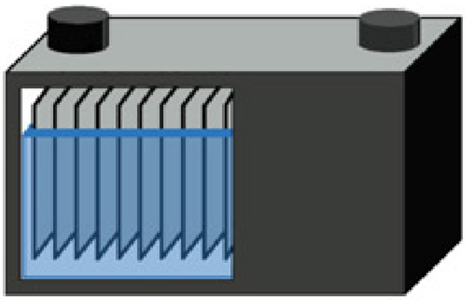
الفقرات التالية تظهر المعماريات المختلفة بين عائلة بطاريات الـ Lead-acid ولماذا وجود نوع واحد من فئاتها لا يغني عن جميع أنواعها.

بطاريات بدء التشغيل والدورة العميقة:

صممت بطارية بدء التشغيل من أجل دفع المحرك باندفاع كهربائي عالي بشكل مؤقت، على الجانب الآخر، بطاريات الدورة العميقة، تم بناؤها من أجل تزويد الطاقة لكراسي المعوقين ولسيارات الغولف. من ناحية الشكل الخارجي، فإن كلا البطاريتين متشابهتين، على أية حال هناك أساسيات مختلفة بينهما في التصميم، بطارية البدء تم صنعها من أجل قدرة ذروة عالية، أما بطاريات الدورة العميقة فلديها خرج قدرة معتدل ولكن تدويرها رخيص.

بطايات البدء تمتلك نسب CCA مطبوعة بالأمبيرات، تشير النسبة CCA إلى البرودة التي تحرك الأمبير، والتي تمثل كمية تيار البطارية الذي يمكن تسليمه في درجات الحرارة الباردة. تحدد أو تخصصٍ SAEJ537 ٣٠ ثانية من التفريغ عند الدرجة -18°C عند تيار CCA مقدر بدون اعتبار هبوط الجهد تحت 7.2V.

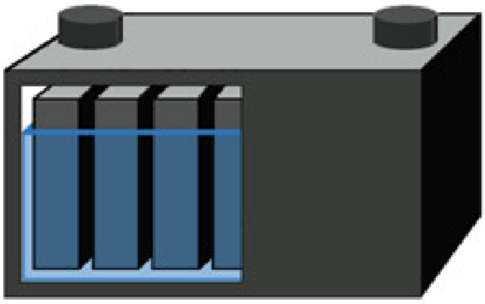
لبطاريات البدء مقاومة داخلية منخفضة، والمصنعون لها يتخلصون من ذلك بإضافة طبقات إضافية للمنطقة السطحية العظمى (الشكل ٧,٢). هذه الطريقة تمدد المنطقة السطحية للطبقة من أجل الحصول على مقاومة داخلية منخفضة وقدرة عظمى. إن سمك الطبقة أقل أهمية هنا بسبب قصر زمن التفريغ والقدرة على إعادة شحن البطارية أثناء القيادة، حيث يتم هنا التأكيد على أهمية القدرة أكثر من التأكيد على السعة.



الشكل ٧,٢: بطارية البدء.

لدى بطارية البدء عدة طبقات رقيقة موزعة تفرعياً للحصول على مقاومة داخلية منخفضة مع منطقة سطحية مرتفعة. وهي لا تسمح بالتدوير العميق.

إن بطاريات Lead-acid ذات الدورة العميقة مصممة من أجل سيارات الغولف، كراسي المعوقين...الخ وتم بناؤها من أجل سعة عظمى و عد دورات عالية. والمصنعون يحصلون على ذلك عن طريق صنع طبقات رقيقة من صفائح الرصاص (الشكل ٨,٢). بالرغم من أن البطارية صممت من أجل تدويرها، إلا أن التفريغ الكامل لها ما زال يسبب إجهاداً، وإحصاء عدد الدورات يعتمد على عمق التفريغ DoD. إن بطاريات الدورة العميقة تمثل بال Ah أو مصطلح "دقيقة من وقت التشغيل".



الشكل ٨,٢: بطارية الدورة العميقة.

لدى بطارية الدورة العميقة طبقات رقيقة لتحسين قابلية التكرار. وهي تسمح بحدود ٣٠٠ دورة.

إن بطارية البدء لا يمكن تبديلها ببطارية الدورة العميقة والعكس صحيح. ولا يمكن لبطارية البدء أن تدوم لفترة طويلة بسبب طبقاتها شبه الإسفنجية التي تذوب بسرعة بسبب الدورات العميقة المتكررة. هناك مزيج من بطاريات البدء والدورة العميقة متوفرة من أجل الشاحنات، الباصات ، عربات الأمان الشعبية والعربات العسكرية، ولكن هذه الوحدات ضخمة وثقيلة. وكتوجيه بسيط، فإن البطارية الاثقل هي التي تحتوي على رصاص أكثر. والأطول هي التي ستدوم. الجدول ٣,٣ يقارن الحياة النموذجية بين بطاريات البدء وبطاريات الدورة العميقة.

عمق التفريغ	بطارية البدء	بطارية الدورة العميقة
100%	12-15 دورة	150-200 دورة
50%	100-120 دورة	400-500 دورة
30%	130-150 دورة	1000 دورة وأكثر

الجدول ٣,٣: أداء الدورة لكل من بطاريات البدء والدورة العميقة.

إن التفريغ بنسبة 100% يشير إلى التفريغ الكامل. والتفريغ 30% هو تفريغ معتدل.

إن الرصاص سام وعلماء البيئة يفضلون استبدال بطارية الرصاص الحمضي بكيميائيات أخرى. وقد نجح الأوروبيون في إبقاء بطاريات NiCd خارج نطاق الاستهلاك. وكان الاختيار على الـ NiMH والـ Li-ion، ولكن بسعر يبلغ 3000$ لليثيوم أيون، وهذا غير منطقي. كما أن بطاريات الليثيوم أداءها منخفض عند درجات الحرارة ما دون درجة التجمد. يأمل المنظمات بخفض تكلفة هذه البطاريات، ولكن إن تحقيق مثل هكذا تخفيض من أجل مجاراة البطاريات الحمضية الرخيصة أمر غير ممكن. وبالتالي ستبقى البطاريات الحمضية الخيار الأول من أجل تشغيل المحركات.

الجدول ٣,٤: يبين الفوائد والمحدوديات للبطاريات الحمضية المستخدمة في أيامنا هذه.

الفوائد	• رخيصة، وبسيطة في التصنيع، السعر المنخفض لكل واط ساعي. • التفريغ الذاتي المنخفض، وهو الأقل بين البطاريات القابلة للشحن. • القدرة النوعية العالية، قادرة على إطلاق تيارات تفريغ عالية. • أداء جيد في درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة.
المحدوديات	• الطاقة النوعية المنخفضة. نسبة الوزن إلى الطاقة سيئة. • الشحن البطيء، يأخذ عملية الشحن حتى الإشباع الكامل ١٤ ساعة. • يجب تخزينها في شروط الشحن من أجل منع التكبرت. • دورة حياة محدودة، تكرار الدورات العميقة يقلل من عمر البطارية. • تتطلب النسخة العائمة منها إضافة ماء لها بشكل دوري. • وجود قيود على عملية النقل فيما يخص البطاريات العائمة. • غير صديقة للبيئة.

الجدول ٣,٤: الفوائد والسيئات لبطاريات Lead-acid. الأنظمة الجافة لها أفضلية على العائمة لكنها أقل تكثفاً.



الشكل ٩,٢: أشكال البطاريات حمض–رصاص.

الحصيرة الزجاجية الماصة:

تم تطوير هذه البطارية في العام ١٩٨٥م للمقاتلات الحربية العسكرية من أجل تخفيض وزنها، زيادة ثبات قدرتها، وزيادة استقرارها، حيث تم امتصاص الحمض عن طريق حصيرة ليفية زجاجية فائقة النعومة تجعل البطارية مضادة للانسكاب. وهذا يمكن شحنها ونقلها بدون قيود مادية خطرة. يمكن جعل الطبقات مسطحة من أجل محاكاة مجموعة حمض–رصاص السائلة القياسية في الحالة المستطيلة، كما يمكن تشكيلها في خلية أسطوانية.

لبطارية AGM مقاومة داخلية منخفضة جداً، وقادرة على تسليم تيارات عالية بناءً على الطلب وتقدم عمر خدمة طويل نسبياً وحتى عند تدويرها بشكل عميق. الـ AGM لا تحتاج لصيانة، وتقدم قدرة كهربائية جيدة وهي أخف من بطاريات الحمض–رصاص السائلة، وتعمل بشكل جيد في درجات الحرارة المنخفضة ولديها تفريغ ذاتي منخفض.

الفوائد المتقدمة لهذه البطاريات هي عملية الشحن والتي تكون أسرع بخمس مرات من النسخة العائمة.

تقدم الـ AGM مستوى تفريغ بحدود 80%، وفي الجانب الآخر تحدد البطاريات السائلة بـ 50% DoD. من أجل تأدية نفس حياة الدورة.

السلبيات لهذه البطارية هي الطاقة النوعية المنخفضة نسبياً وكلفة التصنيع المرتفعة أكثر مقارنة بالسائلة. ولكن لهذه البطاريات نقطة جيدة في المجموعات متوسطة الحجم وذلك من 30Ah-100Ah وهي أقل تناسباً مع أنظمة UPS الضخمة.

بشكل عام تم بناء هذه البطارية من أجل الحصول على حجم أصغر، وتوجد هذه البطاريات في السيارات الفخمة من أجل تشغيل الملحقات التي تحتاج لقدرة ومثال عليها السخانات، المرايا ، عجلات القيادة وماسحات الزجاج الأمامي.

الـ NASCAR وفرق سباق السيارات الأخرى تختار منتجات AGM لأنها مقاومة للضجيج وهي الخيار الأنسب لموتورات السباق.

وبسبب أداءها الجيد عند درجات الحرارة الباردة فإنها تستخدم أيضاً في البحرية والمحركات المنزلية وتطبيقات الروبوت.

إن بطاريات AGM حساسة لزيادة الشحن مثلها مثل جميع وحدات البطاريات المغلقة والهلامية. حيث يمكن شحن كل خلية لها بحدود 2.40V/Cell (أو أعلى) بدون مشاكل. على أية حال، يجب تقليل الشحن السائل إلى ما بين 2.25V-2.30V/cell (درجات الحرارة الصيفية تتطلب فولطيات أقل).

إن أنظمة الشحن الآلية لبطاريات حمض-رصاص السائلة غالباً ما تملك إعدادات جهد تعويم ثابتة من 14.4V أي 2.40V/cell والاستبدال المباشر للبطاريات المغلقة مها قد يسبب مشاكل خطيرة كانفجار البطارية بسبب الشحن الزائد على المدى الطويل.

الجدول ٥,٣ يشرح فوائد ومحدوديات الـ AGM:

الفوائد	▪ قدرة نوعية عالية، مقاومة داخلية منخفضة، استجابة للحمل. ▪ شحن أسرع بـ5 مرات من تكنولوجيا السائلة. ▪ حياة دورة البطارية أكبر من الأنظمة السائلة. ▪ تشكيل الماء (اتحاد O2 مع H). ▪ مقاومة للضجيج بسبب البنية الحلزونية الأسطوانية. ▪ تعمل بشكل جيد في الحرارة الباردة. ▪
المحدوديات	▪ كلفة تصنيع أعلى من السائلة (أرخص من الهلامية). ▪ حساسة لزيادة الشحن (الهلام لديه تحمل أشد من الـ AGM). ▪ السعة لديها تنقص بشكل تدريجي (الهلامية لها أداء على شكل قبة). ▪ طاقة نوعية منخفضة. ▪ يجب تخزينها في شروط الشحن (اقل خطراً من السائلة). ▪ غير صديقة للبيئة، ليس لديها الكترود أو

	رصاص مثل السائلة.

الجدول ٣,٥:فوائد ومحدوديات الـ AGM.

٢,٣,٢ البطاريات التي أساسها النيكل:

سنتحدث عن بطاريات النيكل بشكل عام، ولذا سنبدأ ببطاريات NiCd، وهي الكيمياء الأقدم والأكثر شمولية ووفرة، إن العديد من خصائص النيكل كادميوم تنطبق على بطاريات NiMH، إن السمية التي تتمته بها بطاريات النيكل تحد من تطبيقات هذه البطارية الصلبة والمتينة.

النيكل–كادميوم NiCd:

هذه البطارية اخترعها والدمار يانغار في العام ١٨٩٩م، حيث سجل لها عدد من الأفضليات على بطاريات الرصاص الحامضي، لكن المواد كانت غالية واستعمالها المبكر كان محدوداً. ولم تظهر لها أي تطورات حتى العام ١٩٣٢م عندما نجحت المحاولات لترسيب المواد النشطة داخل إلكترود طبقة النيكل المثقبة. التحديثات الأخرى حصلت في العام ١٩٤٧م عن طريق محاولة امتصاص الغازات المتولدة أثناء عملية الشحن. وهذا قاد إلى بطارية NiCd المغلفة الحديثة المستخدمة حالياً.

لسنوات عدة، كانت هذه البطاريات هي الخيار المفضل للراديوهات المزدوجة، معدات الطوارئ الطبية، كاميرات الفيديو الاحترافية، وأدوات القدرة. في أواخر عام ١٩٨٠م، هزت بطاريات NiCd ذات السعة العالية جداً العالم لحصولها على سعات وصلت لحدود 60% أعلى من بطاريات NiCd القياسية. وهذا تم إنجازه عن طريق حشر مواد أكثر نشاطاً في الخلية، لكن هذا المكسب واجه التأثيرات الجانبية للمقاومة الداخلية الأعلى ولدورة العمل الأقصر.

إن بطاريات NiCd القياسية ظلت واحدة من أكثر البطاريات سماحية ولكن ذلك يتطلب العناية الصحيحة لتحقيق عمر أطول. ويمكن لهذا السبب كانت هي الخيار المفضل للعديد من المهندسين. الجدول ٦,٢ يدرج الفوائد والمحدوديات لبطاريات NiCd.

الفوائد	▪ الشحن البسيط والسريع حتى بعد التخزين الطويل الأمد. ▪ عدد دورات شحن/تفريغ مرتفع، حيث تزودنا بـ 1000 دورة شحن/تفريغ في حالة الصيانة الصحيحة والجيدة. ▪ أداء حمل جيد. ▪ حياة طويلة، يمكن تخزينها وهي في حالة التفريغ. ▪ ذات نقل وتخزين بسيطين، وليست خاضعة لسيطرة تنظيمية. ▪ أداء جيد عند الحرارة المنخفضة. ▪ سعرها اقتصادي، وهي الأقل كلفة من ناحية الكلفة لكل دورة. ▪ متوفرة بتشكيلة واسعة من خيارات الأداء والأحجام.
المحدوديات	▪ طاقة نوعية منخفضة نسبياً، مقارنة مع الأنظمة الأحدث. ▪ لها تأثير ذاكرة، تحتاج لتفريغ دوري كامل.

- غير صديقة للبيئة، فالكادميوم مادة سامة ولا يمكن التخلص منه برميه في النفايات.
- تفريغ ذاتي عالي، تحتاج للشحن بعد التخزين.

الجدول ٦,٢: الفوائد والمحدوديات لبطاريات النيكل.

هدريد النيكل المعدني NiMH:

بدأت الأبحاث حول هذه البطاريات في العام ١٩٦٧م، على أية حال، فإن عدم الاستقرار مع الهدريد المعدني قاد العلماء إلى تطوير بطارية هيدروجين النيكل NiH بدلاً من ذلك، واليوم فإن NiH تستعمل بشكل رئيسي في الأقمار الصناعية.

إن سبائك الهدريد الجديدة المكتشفة في العام ١٩٨٠م تقدم استقرارً أفضل والتطورات في بطاريات NiMH تقدمت بشكل جدي. اليوم، فإن بطاريات NiMH تقدم 40% طاقة نوعية أعلى من الـ NiCd القياسية. ولكن الفائدة الأقوى هي غياب المعادن السامة.

إن التقدم في هذه البطاريات رائع، منذ العام ١٩٩٠م، فإن الطاقة النوعية قد تضاعفت ودورة حياتها امتدت. ولهذه البطاريات نقطتان تتغلب بها على بطاريات الليثيوم فيما يخص أنظمة قطر الطاقة، ألا وهي، السعر والأمان.

إن هذه البطاريات كغيرها لديها العديد من العوائق. وكواحدة من ذلك، أن لها طاقة نوعية أقل من بطاريات الليثيوم، وهذا صحيح خصيصاً من أجل أنظمة NiMH الخاصة بأقطرة القدرة الكهربائية. على القارئ أن يتذكر أن الـ NiMH والـ Li-ion واللتان لهما كثافات طاقية عالية هما مخصصتان من أجل المنتجات الاستهلاكية.

لبطاريات NiMH تفريغ ذاتي عالي وضياع سعة بحدود 20% مع أول 24 ساعة استخدام لها، و ضياع بنسبة 10% في الشهر التالي. إن تعديل المواد الهيدريدية يخفض من التفريغ الذاتي ويخفف من تآكل السبيكة. ولكن هذا يخفض الطاقة النوعية.

هناك آراء وتفضيلات قوية بين كيميائيات البطاريات، وبعض الخبراء يقولون بأن NiMH ستخدم كحل فاصل مع أكثر أنظمة الليثيوم الواعدة. هناك العديد من الموانع التي تحيط بالليثيوم أيضاً وهي الأمان والكلفة. فخلايا الليثيوم لا تتوفر للعامة في الأحجام AA و AAA والأحجام الشعبية الأخرى جزئياً وذلك بسبب محدودية الأمان. حتى لو توفر الأمان، فإن هذه البطاريات لها فولطية أعلى مقارنة مع أنظمة النيكل.

تطبيقات المستهلك:

إن الـ NiMH أصبحت واحدة من أكثر البطاريات القابلة للشحن رخصاً ووفرة للأجهزة المحمولة. فقهي غير سامة وتوفر طاقة نوعية أعلى من الـ NiCd. إن مصنعي البطاريات مثل Sanyo، Energizer، Duracell و GP. أدركوا الحاجة غلى بطارية قابلة للشحن متينة ومنخفضة الكلفة من اجل المستهلكين وقدمت لذلك بطاريات NiMH بأحجام AA وAAA. يأمل مصنعو البطاريات بإقناع المشترين بتغيير بطارياتهم القابلة للشحن وتقليل التأثير البيئي للخلايا الأساسية المرمية.

إن بطارية الـ NiMH من أجل سوق الاستهلاك يمكن ان ينظر إليها كبديل عن البطاريات القلوية القابلة للاستعمال مرة ثانية والتي ظهرت في العام ١٩٩٠م. ولكن محدودية دورة حياتها وخصائص التحميل السيئة حد من نجاحها.

إن أكثر الأمور قلقاً بالنسبة للمستهلك الذي يستعمل البطاريات القابلة للشحن هو التفريغ الذاتي لها، ولكن هذه المشكلة وجدت شركة Sanyo حلاً لها عن طريق تخفيض التفريغ الذاتي بعامل من ٦. وهذا يعني بأن المستهلك يمكنه تخزين البطارية المشحونة ٦ مرات أطول من الحالة النظامية لل NiMH قبل أن تصبح إعادة ضرورية. ولكن العائق كان الطاقة النوعية المنخفضة قليلاً مقارنة مع الـ NiMH النظامية. الشركات الأخرى المصنعة لهذه البطاريات مثل ReCyko والتي هي فرع من GP حصلت على نتائج مماثلة لشركة Sanyo.

الجدول ٧,٢ يشرح الفوائد والمحدوديات لبطارية NiMH الصناعية المحسنة.

الفوائد	▪ 30-40 % سعة أعلى من بطاريات NiCd القياسية. أقل عرضة للذاكرة من NiCd. ▪ نقل وتخزين بسيطين، ليست خاضعة للسيطرة التنظيمية. ▪ صديقة للبيئة، تحتوي فقط على سمية معتدلة. ▪ النيكل المحتوى يجعل إعادة تدويرها مربحاً.
المحدوديات	▪ حياة خدمة محدود. التفريغ العميق يقلل من حياة خدمتها. ▪ تتطلب خوارزمية شحن معقدة. ▪ لا تمتص الشحن الزائد بشكل جيد، الشحن المقطر يجب الحفاظ عليه منخفضاً. ▪ تولد حرارة عالية أثناء الشحن السريع وتفريغ حمل عالي. ▪ تفريغ ذاتي عالي، الإضافات الكيماوية تقلل التفريغ الذاتي على حساب السعة. ▪ ينخفض أداءها إذا خزنت في حرارة مرتفعة، لذا يجب تخزينها في درجة معتدلة وبحدود 40% من قيمة الشحن الكامل.

الجدول ٧,٢: يبين الفوائد والمحدوديات لبطاريات NiMH.

٣,٣,٢ البطاريات التي أساسها الليثيوم:

إن العمل الرائد مع بطاريات الليثيوم بدا في العام ١٩١٢م على أيدي العالم G.N.Lewis، ولكن هذه البطارية غير القابلة للشحن لم تدخل حيز الاستهلاك التجاري حتى العام ١٩٧٠م، واستمرت المساعي في أواخر عام ١٩٨٠م من أجل بناء بطارية ليثيوم قابلة للشحن ولكنها فشلت بسبب عدم استقرار الليثيوم المعدني الذي استعمل كمادة تشكل القطب الموجب للبطارية.

الليثيوم أخف من جميع المعادن، وله جهد كهروكيمياوي عالي ويقدم أضخم طاقة نوعية بالنسبة للوزن. إن بطاريات الليثيوم المعدني القابلة للشحن على المصعد يمكن أن تزودنا بكثافات طاقية عالية جداً، على أية حال، تم اكتشاف هذه البطارية في أوساط عام ١٩٨٠م، عندما أنتج التدوير للبطارية تفرعات شجرية غير مطلوبة على القطب الموجب. هذا النمو الجزئي تغلغل في الفاصل وسبب قصراً كهربائياً. وعندما حدث هذا. ارتفعت درجة حرارة الخلية بشكل سريع

واقتربت من درجة انصهار الليثيوم، مسببة هروب حراري، والذي يعرف أيضاً بـ "التنفيس باللهب". بعد ذلك تم إرسال عدد ضخم من هذه البطاريات إلى اليابان والتي استردتها في العام ١٩٩١م بعد أن سببت هذه البطارية حروقاً سطحية للوجه بسبب اللهب المتطاير منها.

إن عدم الاستقرار المتأصل لمعدن الليثيوم، خصوصاً أثناء الشحن، حول الأبحاث للبحث عن حلول غير معدنية باستخدام الليثيوم أيون. وعلى الرغم من أن الطاقة النوعية للبطاريات الجديدة أقل من المعدنية. إلا انها أكثر أماناً. حيث يتبع مصنعو الخلايا معايير أمان عالية في الحفاظ على مستويات آمنة للجهد والتيار. في العام ١٩٩١م، أنتجت شركة SONY أول بطارية ليثيوم أيون تجارية، واليوم أصبحت هذه الكيمياء أكثر الكيميائيات الواعدة والأكثر نمواً في السوق العالمية. وحتى هذه اللحظة. مازالت الأبحاث مستمرة لتطوير بطارية ليثيوم معدني آمنة.

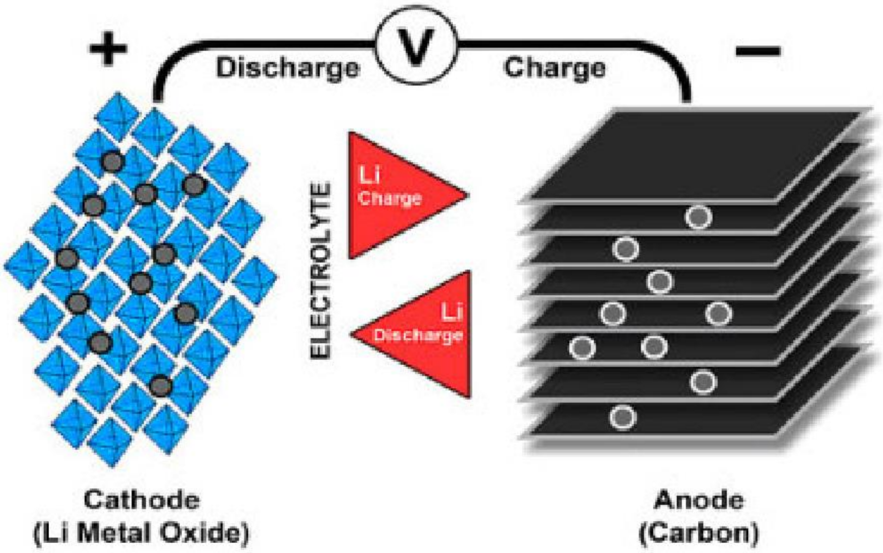
إن الطاقة النوعية لبطاريات الليثيوم أعلى مرتين من بطاريات الـ NiCd، كما أن جهد الخلية الاسمي العالي الذي يبلغ 3.60V يمكن مقارنته كمكسب مع جهد أنظمة النيكل الذي يبلغ 1.20V. إن التحسينات في المواد الفعالة للالكترود طورت من إمكانية زيادة الكثافة الطاقية. كما أن خصائص الحمل جيدة، كما أن منحنى التفريغ المسطح يقدم إفادة مؤثرة لتخزين الطاقة في طيف الفولطية المرغوب من 3.70-2.80V/Cell. أيضاً فإن لبطاريات النيكل منحني تفريغ مسطح بمجال من 1.25V – 1.0V/Cell.

في العام ١٩٩٤م، كانت كلفة تصنيع بطاريات الليثيوم أيون في الخلايا الأسطوانية 18650** مع سعة قدرها 1.100mAh أكثر من 10$. في العام ٢٠٠١م، هبط السعر إلى 2$ والسعة ارتفعت إلى 1.900mAh. اليوم، فإن كثافة الطاقة النوعية لخلايا 18650 تسلم حوالي 3000mAh مع انخفاض أكبر في السعر. إن انخفاض التكلفة، زيادة الطاقة النوعية وغياب المواد السامة مهد الطريق لصنع بطاريات ليثيوم أيون المقبولة عالمياً والمستخدمة في الأجهزة المحمولة، أولاً في الميدان الاستهلاكي، والآن في الصناعات الثقيلة.

في العام ٢٠٠٩م، كانت إيرادات هذه البطاريات بحدود 38% وهي الأعلى نسبة بين باقي أنواع البطاريات. فبطاريات الليثيوم منخفضة الصيانة، ذات كيميائية أفضل من غيرها. وهي لا تملك ذاكرة تخزين. وتفريغها الذاتي أقل من نصف التفريغ الذاتي لأنظمة النيكل. وهذا يجعل هذه البطارية مناسبة لتطبيقات مقياس الوقود. جهد الخلية الاسمي 3.60V يستطيع مباشرة تشغيل الهواتف الخلوية والكاميرات الرقمية، مقدماً تسهيلاً كبيراً وكلفة أقل من التصاميم متعددة الخلايا. إن العوائق هي الحاجة إلى دارات حماية من أجل منع سوء الاستخدام، إضافة إلى السعر المرتفع.

أنواع بطاريات ليثيوم أيون:

معماريتها مشابهة لمعمارية أنظمة النيكل والـ Lead-acid، حيث تستخدم مهبطاً (الكترود موجب)، ومصعداً (الكترود سالب). إضافة إلى الكترودات تستخدم كنواقل. الكاثود هو أوكسيد معدني والأنود يتكون من كربون مثقب. خلال التفريغ، الأيونات تعبر من الأنود إلى الكاثود عبر الالكترود والفاصل، أثناء الشحن تعكس العملية حيث تنتقل الأيونات من الكاثود إلى الأنود. الشكل ١٠,٢ يشرح العملية.

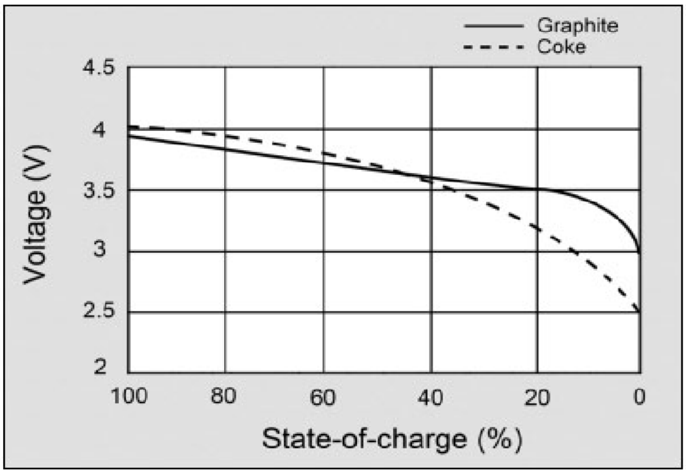


الشكل ١٠,٢: يظهر تدفق الأيونات في بطارية ليثيوم أيون.

تأتي بطاريات الليثيوم في العديد من التنوعات ولكن كلها تملك نفس الشعار "Li-ion". بالرغم من أنها متشابهة على نحو مدهش عند النظر إليها من الوهلة الأولى. فهي تتفاوت في الأداء، واختيار المواد الكاثودية (مادة القطب السالب) يعطيها شخصية فريدة.

إن المواد الكاثودية العامة هي أوكسيد كوبالت الليثيوم أو "كوبالت الليثيوم"، أوكسيد منغنيز الليثيوم أو "منغنيز الليثيوم"، فوسفات حديدي الليثيوم، بالإضافة إلى كوبالت منغنيز نيكل الليثيوم أو "NMC"*** وأكسيد ألمنيوم كوبالت نيكل الليثيوم أو "NCA". كل هذه المواد تمتلك طاقة نوعية نظرية معينة بحدود يتم إتباعها. لبطاريات الليثيوم سعة نظرية بحدود 2000kWh. وهذا أكثر بعشر مرات من اطاقة النوعية لبطارية ليثيوم أيون تجارية.

إن بطاريات الليثيوم أيون الأصلية من شركة SONY تستخدم الكوكا "منتج فحمي". منذ العام ١٩٩٧م، معظم مصنعي بطاريات الليثيوم، ومن ضمنهم SONY، تحولت إلى استخدام الغرافيت للحصول على منحني تفريغ أكثر تسطحاً. والغرافيت هو شكل من أشكال الكربون يستعمل في أقلام الرصاص. وهو يقوم بتخزين الليثيوم بشكل جيد عن شحن البطارية، ويمتلك دورة استقرار جيدة على المدى الطويل. من بين جميع المواد الكربونية، فإن الغرافيت هو أكثرها استخداماً، يتلوه الكربون الناعم والقاسي. أنواع الكربون الأخرى، مثل أنابيب الكربون النانوية، لم تجد طريقها إلى السوق بعد. الشكل ١١,٢ يظهر منحني تسطح جهد التفريغ لبطاريات الليثيوم الحديثة مع مصعد الغرافيت ونسخة الكوكا المبكرة.



الشكل ١١,٢ : يظهر منحني تسطح جهد التفريغ لبطاريات الليثيوم.

إن التطورات الأخرى أيضاً حصلت في الأنود وبدأت المحاولات بعدة إضافات، منها سبائك السيليكون. حيث يقدم السيليكون زيادة بحدود 20-30% في الطاقة النوعية عند كلفة أخفض لتيارات الحمل ويخفض من دورة حياة البطارية. تقنية النانو شكلت تيتانيت–الليثيوم كأنود مضاف يقدم دورة حياة واعدة، سعات حمل جيدة، أمان حراري وأداء حراري منخفض ممتاز، ولكن الطاقة النوعية منخفضة.

إن خلط مواد الأنود والكاثود يسمح للمصنعين بتقوية نوعيات جوهرية، على أية حال، يمكن لمصنعي البطاريات، على سبيل المثال، تحسين سعة البطارية للحصول على وقت تشغيل ممتد، زيادة القدرة النوعية لتحسين تحمل التيار، تمديد عمر الخدمة لمدة أطول، وتحسين الأمان من أجل حفض الإجهادات البيئية. ولكن هناك عوائق، فالسعة العالية تخفض من تيار الحمل، والعكس صحيح.

المنتجون يمكن إنجاز طاقة معيّنة عالية وكلفة منخفضة نسبيا بسهولة بإضافة النيكل بدلا عن كوبالت، ولكن هذا يجعل الخلية أقل استقراراً.

الجدول ٨,٢: يبين خصائص الليثيوم أيون مع مواد كاثودية مختلفة. يحدد الجدول الكيميائيات لأكثر أربع أنواع أنظمة ليثيوم عمومية.

المميزات	Li-Cobalt $LiCoO_2$ (LCO)	Li-Manganese $LiMn_2O_4$ (LMO)	Li-Phosphate $LiFePO_4$ (LFP)	NMC[1] $LiNiMnCoO_2$
الجهد	3.60V	3.80V	3.30V	3.60V/3.70V
حدود الشحن	4.20V	4.20V	3.60V	4.20V
حياة الدورة [2]	500-1000	500-1000	1000-2000	1000-2000
درجة حرارة التشغيل	معتدلة	معتدلة	جيدة	جيدة
الطاقة النوعية	150-190Wh/kg	100-135Wh/kg	90-120Wh/kg	140-180Wh/kg
القدرة النوعية	1C	10C، نبضة 40C	350 مستمر	10C

الأمان	معتدل، تتطلب دارة حماية وتوازن خلية للمجموعة متعددة الخلايا.		آمنة جداً، تحتاج لتوازن الخلية وحماية فولطية.	أكثر أماناً من -Li Cobalt. تحتاج لتوازن الخلية وحماية.
الهروب الحراري 3	150°C	250°C	270°C	210°C
الكلفة	عالية بالنسبة للمواد الخام	Moli Energy, NEC Hitachi, Samsung	مرتفعة	مرتفعة
سنة دخولها الخدمة	١٩٩٤	١٩٩٦	١٩٩٩	٢٠٠٣
الباحثون، المصنعون	Sony, Sanyo, GS Yuasa, LG Chem Samsung Hitachi, Toshiba	Hitachi, Samsung, Sanyo, GS Yuasa, LG Chem, Toshiba Moli Energy, NEC	A123, Valence, GS Yuasa, BYD, JCI/Saft, Lishen	Sony, Sanyo, LG Chem, GS Yuasa, Hitachi Samsung
ملاحظات	طاقة نوعية عالية جداً، قدرة محدودة، الهواتف الخلوية، الأجهزة المحمولة	قدرة عالية، جيدة بالنسبة للطاقة النوعية العالية، أدوات القدرة، الميدان الطبي.	قدرة عالية، طاقة نوعية معتدلة، تفريغ ذاتي مرتفع.	طاقة نوعية عالية جداً. قدرة عالية، الأدوات الطبية.

الجدول ٨,٢: خصائص أكثر أربع بطاريات ليثيوم أيون استخداماً بشكل عام.

1: NMC, NCM, CMN, CNM, MNC والـ MCN هي نفسها في الأساس.

2: إن التطبيق والبيئة يتحكمان في حياة الدورة، وهذه الأرقام لا تطبق دائماً بشكل صحيح.

3: إن البطارية المشحونة بشكل كامل ترفع من درجة الحرارة الفاقد الحراري. والشحن الجزئي يخفض من هذه القيمة.

لم يكن هناك منافسة أشد في إيجاد بطارية مثالية أكثر من يومنا هذا. يقابل المصنعون تطبيقات جديدة لأنظمة الدفع الآلية. بالإضافة إلى التخزين الشبكي والثابت، والمعروف أيضاً مساواة الحمل. تخمن صناعة البطاريات بأن الـ -Li MnO4 و/أو الـ NMC ربما يكونون الفائزين بقطر القدرة الكهربائية.

إن التجربة الصناعية كانت غالباً للتطبيقات المحمولة، فالتقدير الواضح لحياة الدورة، الأداء وكلفة التشغيل الطويل المدى يمكن معرفتهم بعد مرور عدة أجيال للبطاريات من اجل العربات المستخدمة مع أقطرة القدرة الكهربائية.

الجدول ٩,٢ المزايا والمحدوديات لبطاريات Li-ion.

المزايا	• كثافة طاقية عالية. • تفريغ ذاتي منخفض نسبياً، أقل من نصف تفريغ بطاريات NiCd و NiMH. • صيانة منخفضة. لا حاجة لتفريغ مسبق، لا وجود لذاكرة.
المحدوديات	• تتطلب دارة حماية لتحديد الجهد والتيار. • التعمير المتقدم، حتى إن لم تكن قيد الاستعمال (تحدث الشيخوخة في جميع البطاريات وأنظمة الليثيوم الحديثة لها فترة حياة مماثلة للكيميائيات الأخرى).

- تخضع لتقييدات النقل عند نقلها بكميات كبيرة.

الجدول ٩,٢: المزايا والسيئات لبطاريات الليثيوم أيون.

** تم تطوير خلية الليثيوم الأسطوانية القياسية في أواسط العام ١٩٩٠، حيث يبلغ قياس قطرها ١٨مم وطولها ٦٥مم، وتستخدم عموماً في الحواسيب المحمولة.

*** إن بعض أنظمة أوكسيد كوبالت منغنيز نيكل الليثيوم يمكن تمييزها بأسماء مثل: NMC, NCM, CMN, MNC, CNM والـ MCN والتي هي نفسها في الأساس.



الشكل ١٢,٢: أنواع بطاريات الليثيوم.

أنواع بطاريات الليثيوم:

إن المستخدمين البدائيين يعتقدون بأن هناك نوع واحد فقط من بطاريات الليثيوم ألا وهو الليثيوم أيون. ولكن هذا الاعتقاد خاطئ فبطاريات الليثيوم لها أنواع عديدة متفاوتة ومختلفة بشكل رئيسي في مواد المهبط. الاختلاف أيضاً يمكن أن يكون في المصعد وذلك بتبديله بمادة مثل الغرافيت.

يفضل العلماء الإشارة إلى تسمية البطاريات بواسطة اسمها الكامل، التمييز الكيميائي، الصيغة القصيرة و الاختصارات.

لإكمال القائمة ببطاريات الليثيوم الشعبية، فإن الجدول يتضمن أيضاً NCA والـ Li-titanate.

الاسم الكيميائي	المادة	الاختصار	الصيغة الكيميائية	ملاحظات
Lithium Cobalt Oxide[1] **Also Lithium**	$LiCoO_2$ (60% Co)	LCO	Li-cobalt	سعة عالية من أجل الهواتف الخلوية،

Cobalate or lithium-ion-cobalt)				اللابتوب، والكاميرات.
Lithium Manganese Oxide[1] **Also Lithium Manganate or lithium-ion-manganese**	$LiMn_2O_4$	LMO	Li-manganese, or spinel	أكثر أماناً، أقل سعة من Li-Co ولكن أعلى قدرة وأطول حياة.
Lithium Iron Phosphate[1]	$LiFePO_4$	LFP	Li-phosphate	
Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide[1], **also lithium-manganese-cobalt-oxide**	$LiNiMnCoO_2$ (10–20% Co)	NMC	NMC	
Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide[1]	$LiNiCoAlO_2$ 9% Co)	NCA	NCA	تكمن أهميتها في أقطرة القدرة الكهربائية والتخزين الشبكي.
Lithium Titanate[2]	$Li_4Ti_5O_{12}$	LTO	Li-titanate	

الجدول ٢,١٠: الأسماء المرجعية لبطاريات الليثيوم حيث [١]: مادة مهبط، [٢]: مادة مصعد.

٤,٢ البطاريات الذكية (Smart Batteries):

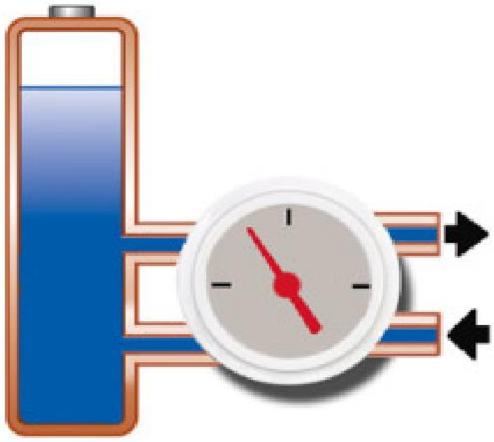
١,٤,٢ طريقة العمل الداخلي للبطاريات الذكية:

يمكننا اعتبار البطارية كحيوان بري يقوم الذكاء الصناعي بترويضه، إن التدجين يتطلب معرفة حرارة البطارية، لأن البطارية العادية ليس لديها أسلوب عمل صريح. فالوزن واللون والحجم لا يقدمون لنا حالة شحنها مثلاً أو حالتها الكيميائية. فشحن البطارية بشكل مبسط لا يتضمن زمن التشغيل المتوقع لها.

إن معظم بطاريات الحواسيب المحمولة والأجهزة المماثلة هي بطاريات "ذكية"، وهذا يعني بأن بعض الاتصالات تجري بين البطارية، الجهاز والمستخدم. إن تعريف "الذكاء" يتفاوت بين المصنعين والهيئات التنظيمية. فالبعض يعتبر أن ذكاء

البطارية هو ذكاء الرقاقة التي تقوم بضبط خوارزمية شحن البطارية. إن منتدى أنظمة البطاريات الذكية SBS يفرض على البطارية الذكية أن تزود المستخدم بمؤشرات تدل على حالة الشحن دون استخدام شاحن.

إن تزايد أعداد البطاريات القابلة للشحن يجعلها تتحلى ببعض الذكاء. فذكاء البطارية يعني بأن على مجموعة البطارية أن تتضمن بعض من مستوى الذكاء. معظم البطاريات تعمل على مبدأ حساب كولمب، وهي نظرية تعود لـ ٢٥٠ عام عندما قام ((تشارلز أوغستين دي كولمب)) بتأسيس "قاعدة كولمب". الشكل ١ يبين مقياس وقود والذي يقوم بقياس الطاقات الداخلة والخارجة، حيث تمثل الطاقة المختزنة حالة الشحن.



الشكل ١٣,٢ : مبدأ كولمب.

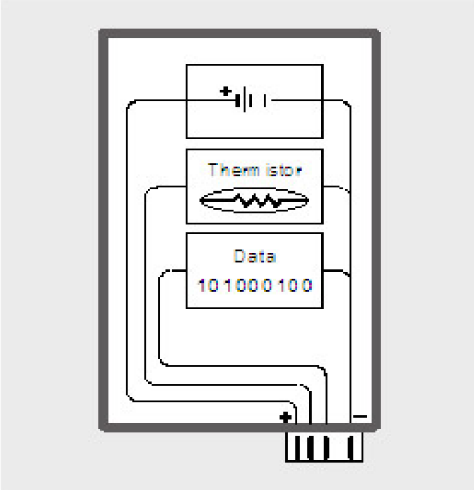
تقوم الدارة بقياس الطاقة الداخلة والخارجة، حيث تمثل الطاقة المختزنة حالة الشحن.

هناك العديد من أنواع البطاريات الذكية، كل منها يقدم تعقيدات مختلفة وتكاليف متفاوتة. إن أكثر البطاريات الذكية بساطة قد تحتوي على لا شيء أكثر من رقاقة تقوم بضبط الشاحن على خوارزمية الشحن الصحيحة. ولكن في نظر منتديات أنظمة البطاريات الذكية، فإن هذه البطاريات لا يمكن تسميتها ببطاريات ذكية، وبالتالي ما هو الشيء الذي يجعل البطارية ذكية.

تتفاوت التعاريف بين المصنعين والمنظمات. حيث أن منتديات أنظمة البطاريات الذكية SBS تفرض على البطارية الذكية أن تزود المستخدم بمؤشرات تدل على حالة الشحن دون استخدام شاحن، وفي العام ١٩٩٠، كانت شركة Benchmarq أولى الشركات التي قدمت تكنولوجيا خلايا الوقود. اليوم يعرض عدّة منتجون رقائق (IC) في أنظمة السلك الوحيد وأنظمة السلكين، وهذا ما يعرف بممر إدارة النظام SMB.

ممر السلك الوحيد:

إن أنظمة السلك الوحيد توفر إمكانية الاتصال من خلال سلك واحد. بكل حال، فإن البطارية لا تزال تستخدم ثلاثة أسلاك. يشمل ذلك خط البيانات والذي يزودنا أيضاً بمعلومات زمنية، ونهايتي البطارية السالب والموجب. ومن أجل اعتبارات الأمان، يقوم المصنعون بإضافة سلك رابع كحساس لدرجة الحرارة. الشكل ٢ يظهر تخطيط نظام السلك الوحيد.



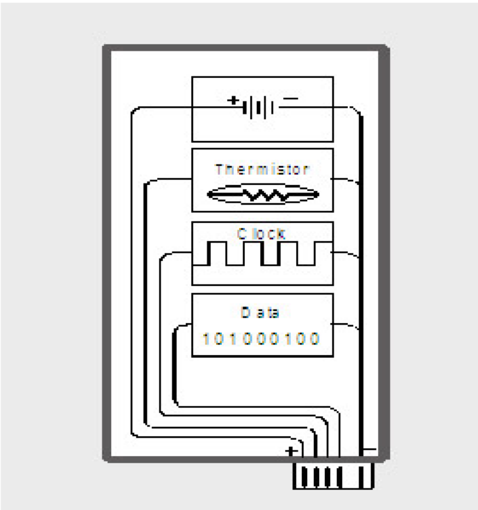
الشكل ٢,١٤: نظام سلك وحيد لبطارية ذكية.

يوفر هذا النظام خط البيانات، وأحياناً يتم إضافة حساس لدرجة الحرارة.

يخزن نظام السلك الوحيد شيفرة البطارية ويتعقّب قراءات البطارية التي تتضمّن نموذجياً معلومات عن الفولطية والتيار ودرجة الحرارة وحالة الشحن. وبسبب كلفة الأجهزة المنخفضة نسبياً، فإن نظام السلك الوحيد يستخدم مع المنتجات الأقل تعقيداً والأعلى قيمة مثل الراديوهات المزدوجة، الكاميرات والأجهزة المحمولة.

ممر إدارة النظام:

إن هذا النظام يمثل جهد مشترك بين صناعة الالكترونيات من أجل توحيد برتوكول اتصالات وحيد ومجموعة بيانات واحدة. إن نظام البطارية الذكية Duracell/Intel المستخدم اليوم تم توحيده في العام ١٩٩٣ حيث يتألف من خطين مفصولين أحدهما للبيانات والآخر لنبضات الساعة، الشكل ٣ يبين تخطيط نظام SMB ثنائي الأسلاك.



الشكل ٢,١٥: نظام SMB ثنائي الأسلاك.

يعمل الـ SMB على نظام ثنائي الأسلاك مستخدماً بروتوكول اتصالات موحد. هذا النظام يساعد نفسه على توحيد مقاييس حالة الشحن وحالة البطارية بشكل عام.

تحتوي بطارية SMBus على بيانات دائمة ومؤقتة. حيث يقوم المصنعون ببرمجة البيانات الدائمة في البطارية، والتي تتضمن ID البطارية، نوع البطارية، اسم المصنع، الرقم التسلسلي وتاريخ التصنيع.

المعلومات المؤقتة تتم إضافتها خلال الاستخدام وتتضمن عداد الدورات، نموذج الاستخدام ومتطلبات الصيانة. بعض المعلومات تحفظ كي تسجل، في حين يتم تجديد معلومات أخرى خلال حياة البطارية.

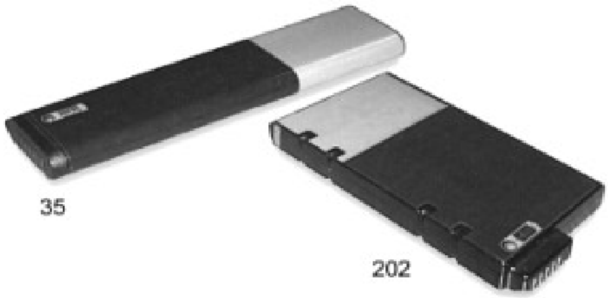
يتم تقسيم SMBus في ثلاثة مستويات:

- المستوى الأول تم إيقافه لأنه لا يوفر كيميائية شحن مستقلة. فهو يدعم كيميائية واحدة فقط.
- المستوى الثاني يعمل مع دارة الشحن الداخلية، والحاسب المحمول الذي يخدّم البطارية خير مثال على ذلك.
- المستوى الثالث يدعم شواحن SMBus الخارجية.

إن معظم شواحن SMBus الخارجية من المستوى الثالث ذات كلفة تصنيع مرتفعة. إن مصنعي بطاريات SMBus لا يدعمون هذا الاختصار بسبب اعتبارات الأمان، التطبيقات مثل التجهيزات البيوطبية، أجهزة جمع البيانات وتجهيزات المسح تميل نحو شواحن المستوى الثالث مع دعم كامل لبروتوكولاته.

إن فلسفة التصميم الأصلية اتي تقف وراء بطارية SMBus هي إزالة التحكم بالشحن من الشاحن وضمها ضمن البنية الداخلية للبطارية.

إن خوارزميات مستقبل كيميائيات البطاريات ستغير بعض إعدادات الشواحن ولكن لن تفقد الشواحن موقعها المميز. فخلال العام ١٩٩٠م، العديد من بطاريات SMBus تم دمجها، متضمناً ذلك بطاريات الأنواع ٢٠٢ و ٣٥ (الشكل ٤). والتي يتم تصنيعها من قبل شركات مثل Sony, Hitachi, GP وآخرون، هذه البطاريات يمكنها أن تعمل علة جميع الاجهزة المحمولة المصممة لهذا النظام SMBus.



الشكل ١٦,٢: ميزة SMB لسلسلتي بطاريات ٢٠٢ و ٣٥.

تتوفر هذه البطاريات في كيميائيات نيكل وليثيوم، وهي تستطيع تشغيل الحواسيب المحمولة والأجهزة الطبية البيولوجية ومعدات المسح.

المزايا والسيئات لبطاريات SMBus:

المزايا	▪ تؤمن مراقبة حالة الشحن. ▪ تقوم بتسجيل تاريخ البطارية كعداد الدورات، نموذج الاستخدام ومتطلبات الصيانة. ▪ تذكر المستخدم بالخدمة الدورية لها. ▪ تحمي البطارية من الاستخدام السيء.
السيئات	▪ تضيف 25% زيادة إلى كلفة البطارية. ▪ ذات بنية شواحن معقدة، فمعظم شواحن البطاريات الذكية هي شواحن هجينة وتصلح

	لشحن البطاريات غير الذكية أيضاً. ▪ تتطلب تحديداً دورياً. ▪ تظهر فقط حالة الشحن ولا تظهر أزمنة التشغيل.

الجدول ٢,١١: المزايا والسيئات للبطاريات الذكية.

بعض الإرشادات حول استخدام البطاريات الذكية:

- ✓ قم بفحص أو تعيير البطارية الذكية بتطبيق تفريغ كامل وشحن كامل كل ٣ أشهر أو بعد ٤٠ دورة جزئية.
- ✓ ليست جميع الشواحن متوافقة مع البطاريات الذكية، ولا جميع البطاريات يمكنها أن تشحن بشاحن واحد. لذا يجب استبدال البطارية بنفس فئتها أو مكافئ لها. ويجب دوماً فحص البطارية والشاحن قبل الاستعمال.
- ✓ يجب دوماً أخذ الحيطة والحذر مع البطاريات الذكية التي لا تظهر حالة الشحن بشكل صحيح، لأنها قد تكون معيبة أو غير متوافقة مع التجهيزة.

٢,٥ أنواع خلايا البطاريات (Types of Battery Cells):

البطاريات البدائية كانت عبارة عن جرار، لكن الإنتاج الكبير غير نمط التجميع إلى التصميم الأسطواني.

تم تدشين الخلايا الضخمة نمط F في العام ١٨٩٦ للفوانيس، ثم تبعتها الخلية D في العام ١٨٩٨م والخلية C في العام ١٩٠٠ والخلية AA الشعبية والتي ظهرت في العام ١٩٠٧م.

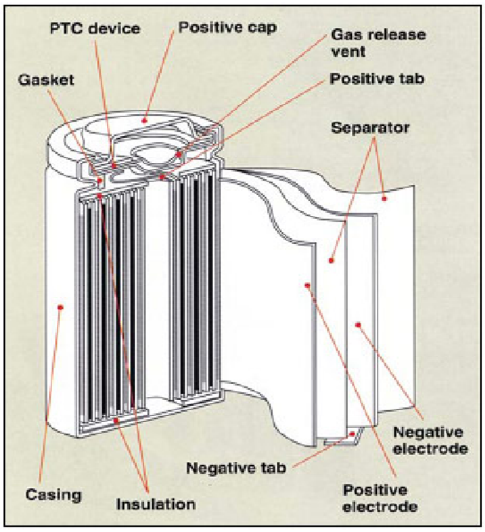
إن معايير اعتبارات تصميم والكلفة تطلبت أشكال بطاريات جديدة والتي تقدم مزايا فريدة من تلك التي يقدمها التصميم الأسطواني.

٢,٥,١ الخلية الأسطوانية Cylindrical Cell:

إن الخلايا الأسطوانية استمرت في كونها أكثر أنماط مجموعات البطاريات الأزلية والثانوية استخداماً بشكل واسع.

تجلت المزايا في سهولة التصنيع والاستقرار الميكانيكي الجيد. الإسطوانة الأنبوبية لديها القدرة على تحمل الضغط بدون حصول تشويه في شكلها.

الشكل ٢,١٧ يبين مقطع عرضي لخلية ليثيوم أسطوانية.



الشكل ١٧,٢يبين مقطع عرضي لخلية ليثيوم أسطوانية.

لدى الخلية الأسطوانية قدرة تدوير جيدة، وتوفر حياة خدمة طويلة، كما أنها اقتصادية ولكن ثقيلة وكثافة مجموعتها قليلة.

إن التطبيقات النموذجية للخلية الأسطوانية هي أدوات القدرة، المعدات الطبية، الحواسيب المحمولة. إن أضخم الخيارات التي نجدها في خلايا البطاريات موجودة في بطاريات النيكل التي تقدم خيارات متفاوتة لخلاياها.

للسماح بالتفاوت مع الحجم المعطى، يستخدم المصنعون طول خلية محدد، مثل الأشكال النصف والثلاثة أرباع.

إن المعايير المصممة لبطاريات النيكل لم تلحق مع الليثيوم وكيميائيتها تمتلك صيغتها الخاصة بها.

إن أكثر مجموعات الخلايا شعبية هي ١٨٦٥٠ الموضحة في الشكل ١٨,٢. حيث لها قطر بحدود ١٨مم وطول ٦٥مم.

إن نسخة Li-MnO4 لـ 18650 لديها سعة 1200-1500 mAh. الإصدار Li-Co لديه سعة 2400-3000mAh. إن الخلايا الأضخم ٢٦٦٥٠ لديها قطر بحوالي 26mm ولها الطول 65mm وتسلم سعة قدرها حوالي 3200mAh، في إصدار المنغنيز فإن صيغة أو شكل الخلية يستخدم في أدوات القدرة وبعض العربات الهجينة.



الشكل ١٨,٢ يبين خلية ليثيوم ١٨٦٥٠ الشعبية.

إن الأسطوانة المعدنية يمكن قياسها بـ 18mm للقطر و 65mm للطول، حيث أن الخلية ٢٦٦٥٠ الأضخم تقاس بـ 26mm للقطر.

تأتي بطاريات الحمض-رصاص في شكلين جاف وسائل. الإصدارات المحمولة يتم حزمها في تصميم موشوري يشبه أو يحاكي صندوق مستطيل مصنوع من البلاستيك.

بعض أنظمة الحمض-رصاص أيضاً تستخدم التصميم الأسطواني عن طريق تكييف تقنية اللف، حيث تقدم استقرار خلية محسن، تيارات التفريغ أعلى والاستقرار الحراري أفضل من التصميم الموشوري التقليدي.

٢,٥,٢ الخلية الزر Button Battery:

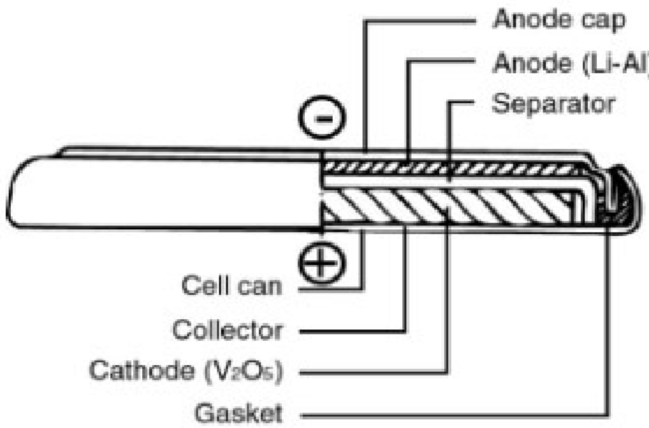
إن التجهيزات الأصغر تتطلب تصميم خلية أكثر موثوقية وفي العام ١٩٨٠ ظهرت البطارية الزر لتلبي تلك المتطلبات، وتم الحصول على الجهد المطلوب بتكديس الخلايا في أنبوب، تستخدم هذه البطاريات في الهواتف اللاسلكية، التجهيزات الطبية، الأبواب الأمنية في المطارات.

بالرغم من أنها صغيرة ورخيصة البناء فإن خلية الزر المكدسة منخفضة الأداء، والتصاميم الجديدة تعود إلى أكثر ترتيبات البطاريات التقليدية.

إن العائق الذي يقف أمام هذه الخلايا هو "التورم" أو التضخم عند الشحن المستمر الزائد لها. إن معظم خلايا الزر المستخدمة اليوم غير قابلة للشحن ويمكن إيجادها في الأجهزة الطبية الدقيقة، أجهزة السمع المساعدة، مفاتيح السيارات، واستعادة الذاكرة.

الشكل ١٩,٢ يبين الخلية الزر مع مقطع عرضي.



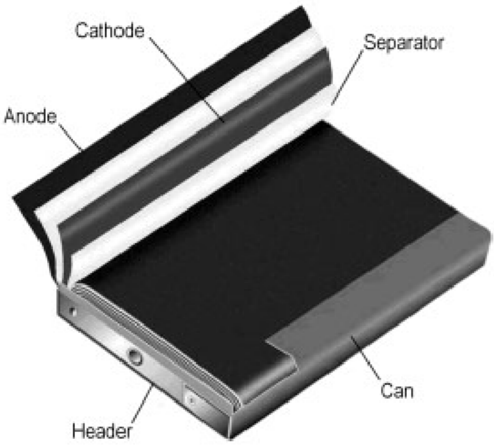


الشكل ١٩,٢ يبين الخلايا الزر

الخلايا الزر تعرف أيضاً بالخلايا النقدية حيث توفر حجماً صغيراً وسهولة في التكديس ولا تسمح بعملية الشحن السريع. وعظم أنواع هذه البطاريات التجارية لهذا النوع غير قابلة للشحن.

٣,٥,٢ الخلية الموشورية Prismatic Cell:

ظهرت هذه الخلايا في العام ١٩٩٠م حيث لبت هذه البطاريات الطلب على الأحجام الصغيرة وكلف التصنيع المنخفضة. إن لف هذه البطاريات في حزم رشيقة يشبه صندوق علكة أو شريط شوكولا صغير، إن الخلايا الموشورية تؤمن استخداماً مثالياً للفراغ المحيط بها عن طريق استخدام التقارب الطبقي. هذه الخلايا توجد بشكل كبير في الهواتف الخلوية مع الليثيوم أيون. ولا توجد أشكال جامدة أو عالمية لها حيث أن كل مصنّع يصنع تصميمه الخاص به. هذه البطاريات تصنع أيضاً تجاوزات حرجة في أشكالها الأكبر حجماً. هذه الخلية تؤمن سعة من Ah ٢٠–٣٠ وتستخدم بشكل أساسي في استجرار القدرة الكهربائية في العربات الكهربائية والهجينة، الشكل ٢٠,٢ يظهر الخلية الموشورية.



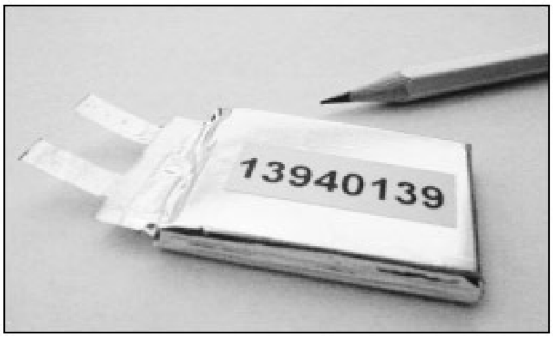
الشكل ٢٠,٢ يبين مقطع عرضي في خلية موشورية.

الخلية الموشورية تحسن من استخدام الفراغ وتسمح بتصميم مرن، ولكنها أكثر كلفة عند التصنيع وأقل كفاءة في الإدارة الحرارية ولها حياة دورة أقصر من التصميم الأسطواني.

تتطلب الخلايا الموشورية جداراً نحيفاً لحد ما وحجم مناسب يعوض تناقص الاستقرار الميكانيكي أكثر من التصميم الأسطواني، والنتيجة هبوط السعة يكون صغيراً. إن الاستخدام الأمثل للفراغ هو الذي يحقق هذا الهبوط الصغير ، وإن سعة هذه الخلايا من أجل الأجهزة المحمولة تتراوح بين 400mAh-2000mAh.

٤,٥,٢ الخلية الكيس Pouch Cell:

ظهرت هذه الخلية في العام ١٩٩٥ حيث شكلت مفاجأة كبيرة بشكلها الثوري وبتصميمها الجديد، حيث بدل استعمال الأسطوانة المعدنية ونظام التغذية الكهربائي زجاج–معدن للعزل، فإنه يتم إجراء لحام قصديري للالكترود، والكيس المغلف يحمل نهايتان موجبة وسالبة خارج الكيس. الشكل ٢١,٢ يبين مثل هذه الخلية الكيسية.



الشكل ٢١,٢ يبين الخلية الكيس.

توفر هذه الخلية حلاً بسيطاً وثابتاً ووزناً منخفضاً لتصميم البطارية.

التعرض للرطوبة العالية والحرارة المرتفعة يمكن أن يقلل من حياة دورة هذه البطارية

لهذه الخلايا مردود يبلغ من ٩٠-٩٥%، وهي أكبر نسبة بين مجموعات البطاريات.

إن إزالة المعدن الداخلي يقلل الوزن ولكن الخلية تحتاج دعماً بديلاً لتلافي حصول قصر للبطارية.

تستخدم هذه الخلايا في الاستهلاك المنزلي، العسكري وأيضاً في التطبيقات الآلية ولا يوجد معيار يحكم هذه الخلية فكل مصنّع يبني هذه الخلايا من أجل تطبيقات خاصة به.

إن مجموعات الكيس هي بشكل عام من نوع Li-Polymer فطاقتها النوعية عادة أخفض وهذه الخلية أقل متانة من الليثيوم أيون في المجموعة الأسطوانية.

إن التورم أو الانتفاخ واللذان هما نتيجة توليد الغاز خلال الشحن والتفريغ، يجب أخذهم بعين الاعتبار، حيث يجب إبعاد هذه البطارية عن الحرارة أو النار لأن الغازات الهاربة يمكن أن تشتعل. الشكل ٢٢,٢ يظهر خلية كيسية منتفخة.



الشكل ٢٢,٢ يبين خلية كيسية منتفخة.

الانتفاخ يمكن أن يحدث كجزء من توليد الغاز ومصنعو البطارية يجهلون سبب حدوث ذلك.

لمنع حدوث الانتفاخ يقوم المصنعون بإضافة فيلم زائد لخلق "حقيبة غازية" خارج الخلية. خلال الشحن الأول تهرب الغازات إلى الحقيبة الغازية وعندها تغلق الحقيبة والمجموعة لتنتهي عملية تفريغ الغازات بذلك.

مزايا وسيئات خلايا البطاريات:

- ✓ إن الخلية في الحالة المعدنية الأسطوانية تملك قدرة تدوير جيدة، وتوفر حياة تقويمية طويلة، كما أنها اقتصادية في التصنيع ولكنها ثقيلة وكثافة حزمتها منخفضة.
- ✓ إن الحالة المعدنية الموشورية حسنت من كثافة التحزيم ولكنها أكثر كلفة في التصنيع وأقل كفاءة من ناحية الإدارة الحرارية ولديها حياة دورة أقصر.
- ✓ المجموعة الكيسية الموشورية خفيفة وكلفتها تؤثر في عملية تصنيعها، حيث إن تعرضها للرطوبة العالية والحرارة المرتفعة يمكن أن يقصران من حياة الخدمة لها. إن معامل الانتفاخ من 8-10% فوق ٥٠٠ دورة هو معامل طبيعي.

٦,٢ أنظمة البطاريات البديلة (Alternative Battery Systems):

تتحدث الوسائط الإعلامية اليوم عن بطاريات جديدة غاية في الروعة تم البدء بتطويرها، وهذه البطاريات تعد بزمن تشغيل أطول وسماكتها بسماكة ورقة الكتابة A4، عالية الأداء، متينة، رخيصة وصديقة للبيئة.

طالما أن هذه المجموعات التجريبية لها القابلية لإنتاج الجهد، فإن الجوانب السلبية هي نادرة الحدوث. باختصار فإن سعات الحمل الضعيفة وحياة الدورة القصيرة هي العائق الرئيسي حالياً.

إن استخدام مياه البحر كالكترود تمت تجربته أيضاً، فالبحر يمكنه إنتاج قدرة كهربائية غير محدودة، ولكن الطاقة المسترجعة منه جيدة فقط لإنارة أنوار الكشافات، والتآكل الذي تسببه مياه البحر يقلل من حياة خدمتها. بالابتعاد عن الحديث عن بطاريات الليثيوم والنيكل والحمض-رصاص، فإن الأنظمة الأخرى تظهر أنها أنظمة واعدة، وسنرى الآن بعض من هذه الأنظمة.

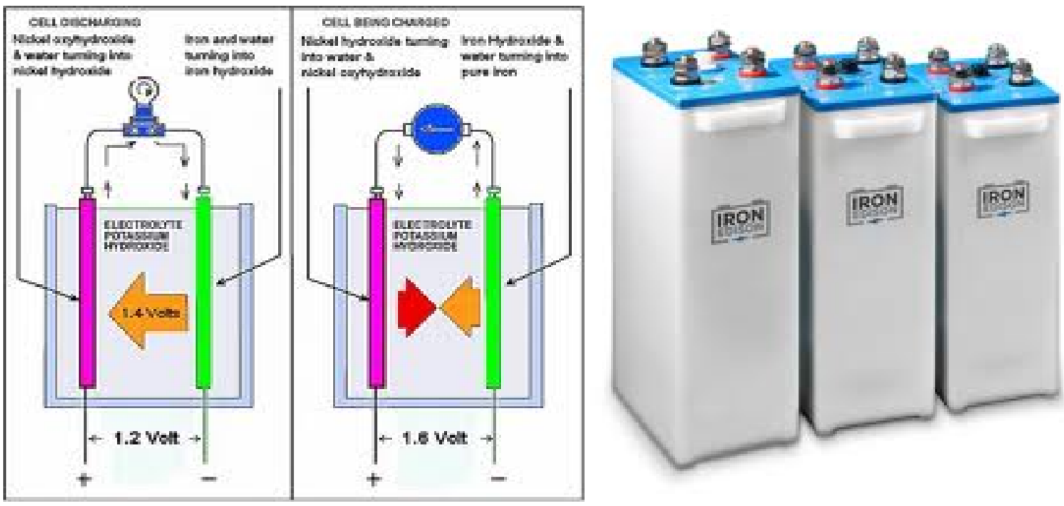
١,٦,٢ النيكل الحديدي Ni-iron:

إن بطاريات الحديد-النيكل NiFe تستخدم مهبط هيدروكسيد-أوكسيد ومصعد حديدي من الكترود هيدروكسيد البوتاسيوم وتنتج جهد خلية اسمي بحدود 1.2V.

بطارية NiFe تتمتع بمرونة تجاه زيادة الشحن وزيادة التفريغ ويمكنها البقاء لـ 20 عام في التطبيقات الاحتياطية الجاهزة.

إن مقاومة الضجيج والحرارة العالية جعل هذه البطارية الخيار الأنسب لمناجم الفحم في أوروبا، وخلال الحرب العالمية الثانية زودت هذه البطاريات صواريخ V-2 الألمانية بالقدرة التشغيلية.

لهذه البطاريات طاقة نوعية منخفضة تبلغ حوالي 50Wh/kg، ولها أداء حراري منخفض جداً، كما لديها تفريغ ذاتي مرتفع جداً بحدود 20-40% شهرياً، بالإضافة إلى كلفة التصنيع المرتفعة التي تجعل البيئة الصناعية ملتزمة ببطاريات حمض-رصاص.



الشكل ٢٣,٢: بطارية Ni-iron.

٢,٦,٢ النيكل-زنك Nickel-Zinc:

هذه البطارية مشابهة لنيكل كادميوم في استخدامها الكترود قلوي والكترود نيكل، ولكن تختلف عنها في الفولطية، فهذه البطارية تزودنا بجهد 1.6V/cell وهذا أكثر من الجهد الذي تقدمه بطارية NiCd البالغ 1.2V/cell.

تم تطوير هذه البطارية في العام ١٩٢٠م ولكنها عانت من حياة دورتها القصير نسبياً والذي سببه النمو التفرعي الشجري، وهذا الأخير سبب قصراً كهربائياً للبطارية.

التحسينات في الالكترود خفضت من هذه المشكلة، وبدأت بطارية NiZn تأخذ مكانها مجدداً في الاستخدام التجاري.

الكلفة المنخفضة، خرج القدرة العالي ومجال التشغيل الحراري الجيد جعل من كيميائية هذه البطارية جذابة. يتم شحن هذه البطاريات عند تيار ثابت بجهد 1.9V/cell ولا يمكن شحنها بالتقطير. الطاقة النوعية مشابهة لباقي أنظمة بطاريات النيكل، ويمكن تدوير هذه البطارية من 200-300 مرة، ولا تحتوي على مواد سامة ويمكن ببساطة إعادة تدويرها وبعها متوفر في المقاس AA.



الشكل ٢٤,٢ بطارية NiZn.

٣,٦,٢ هيدروجين النيكل Nickel Hydrogen:

عندما بدأت الأبحاث حول الـ NiMH في العام ١٩٦٧م، كانت المشاكل المتعلقة باستقرارها وراء التوجه نحو تطوير بطارية NiH.

تستخدم هذه البطارية علبة فولاذية لتخزين غاز الهيدروجين عند ضغط 200psi، تحتوي الخلية على الكترودات نيكل صلبة، الكترودات هيدروجينية، الكترودات وستائر "حواجز" غازية. هذه المركبات مغلفة في وعاء مكيف الضغط.

لهذه البطاريات جهد اسمي يبلغ 1.25V وقدرة نوعية تبلغ 40-75Wh/kg ومن مزاياها: حياة الخدمة الطويلة حتى مع دورات تفريغ كاملة وحياة تقويمية جيدة ويعود ذلك للتآكل المنخفض، تفريغ ذاتي صغير وأداء حراري يتراوح بين 28ºC-54ºC-. هذه الميزات تجعل بطاريات NiH مناسبة للاستخدام الفضائي في الأقمار الصناعية.

لقد طور العلماء هذه البطاريات من أجل الاستخدام على سطح الأرض، وتوقعوا أملين أن تزود هذه البطاريات السوق العالمية بأنظمة تخزين طاقة جيدة وعربات كهربائية جيدة. أما سلبيات NiH فتتمثل في الطاقة النوعية المنخفضة والتكلفة المرتفعة، فالخلية الواحدة المستخدمة من أجل قمر صناعي تكلف 3725$.

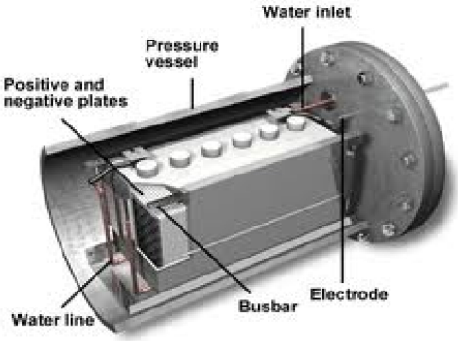


Figure 1

الشكل ٢,٢٥: بطارية NiH.

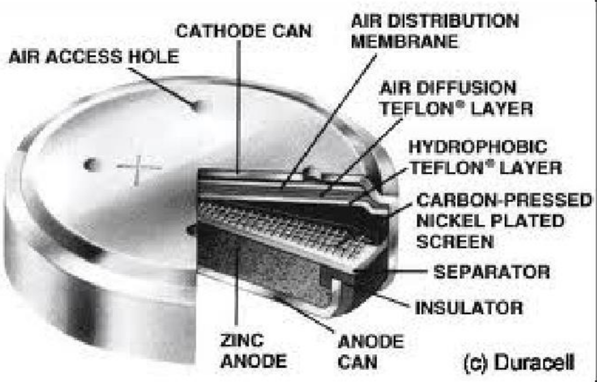
٢,٦,٤ الهواء-زنك Zinc-Air:

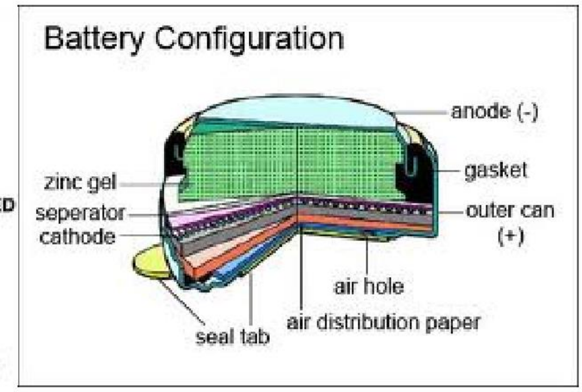
إن هذه البطارية تولد قدرة كهربائية عن طريق عملية أكسدة الزنك والأكسجين الجوي. وتستطيع الخلية إنتاج جهد 1.65V، بكل حال، الجهود عند 1.40V أو أقل تحقق زمن حياة أطول لعمل البطارية.

إن أغلب المستخدمين يزيلون غطاء التغليف الذي يفعّل تدفق الهواء وبالتالي البطارية تصل لحالة جهد التشغيل الكامل خلال ٥ ثواني فقط، ولكن عند تشغيلها، لا يمكن للبطارية العودة ثانية إلى مستوى الجهوزية الأساسي لها، فكيميائيتها تنضب بشكل مستمر كما أن للبطارية حياة قصيرة. وعند إعادة الغطاء يتوقف تدفق الهواء وبالتالي يبطئ من انحطاط قدرة البطارية.

تعتبر هذه البطارية من البطاريات الأولية، بكل حال، يوجد منها عدة نسخ قابلة للشحن من أجل التطبيقات عالية القدرة. لهذه البطارية طاقة نوعية عالية بحدود 300-400W/kg لكن سعتها منخفضة. كم أن كلفة تصنيعها منخفضة في حالة تغليفها ولديها تفريغ ذاتي يبلغ 2% كل عام، وهي حساسة لدرجات الحرارة المتطرفة والتلوث، والرطوبة العالية تؤثر أيضاً في أدائها، كما أن أوكسيد الكربون المرتفع يقلل من الأداء عن طريق زيادة المقاومة الداخلية.

إن التطبيقات النموذجية لهذه البطارية تتضمن المساعدة السمعية. والنسخ عالية القدرة منها تشغل إشارات سكك الحديد عن بعد، واللمبات الآمنة في المواقع الإنشائية.







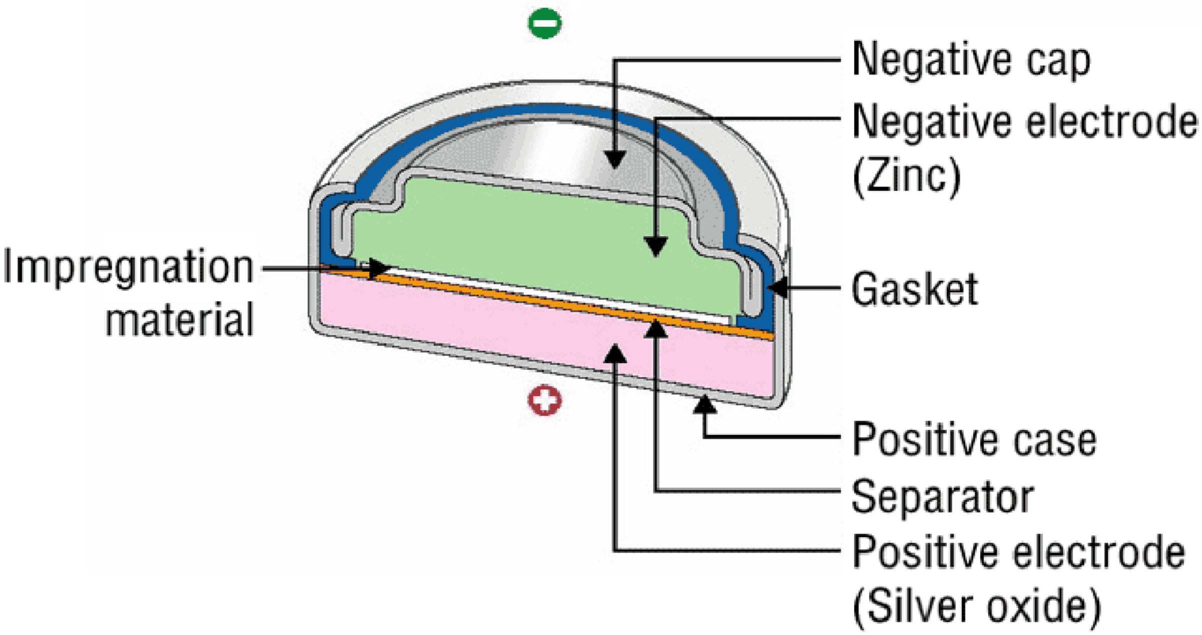
الشكل ٢٦,٢: بطارية Zn–air.

٥,٦,٢ الزنك–فضة Silver-Zinc:

هذه البطارية تخدم الحالات الحرجة من أجل التطبيقات الدفاعية والفضائية، تماماً مثل الكاميرات التلفزيونية والمعدات الاحترافية الأخرى. فهي تحتاج إلى كلفة مرتفعة لتحقيق زمن تشغيل إضافي وحياة دورة أقصر. وهذه الأمور تمنع البطارية من تسويقها تجارياً.

إن الكترود الزنك والفاصل الخلوي كانوا السبب الرئيسي وراء الفشل في التصميم الأصلي، الكترود الزنك ينخفض تدريجياً باستمرار عند تدويره. ولكن التحسينات في الكترود الزنك والفاصل تعدنا بحياة خدمة أطول وبطاقة نوعية أعلى بـ 40% من الليثيوم أيون.

إن بطارية Si–Zn آمنة وليس لها أي سمية ويمكن إعادة تدويرها، ولكن استخدام الفضة يجعل صناعتها غالية بعض الشيء.



الشكل ٢٧,٢: بطارية **ZnAg**.

٦,٦,٢ كبريت الصوديوم **Sodium-Sulfur**:

بطاريات الصوديوم أو ما يعرف ببطارية الملح المائع أو البطارية الحرارية. لها نسختين: واحدة أولية وأخرى ثانوية حيث تستخدم البطارية الملح المائع كالكترود وتعمل عند درجات حرارة من 400-700ºC. والتصاميم الجديدة تعمل عند درجات حرارة أخفض من 245-350ºC.

إن بطاريات كبريت الصوديوم NaS القابلة للشحن أخذت اهتماماً وانتباهاً عالمياً خلال الفترة ما بين ١٩٧٠م-١٩٨٠م، ولكن حياة الخدمة القصيرة والكلفة المرتفعة قلل من الاتجاه نحوها. ولكن هذا الإحباط تلاشى مع ظهور بطارية كلوريد النيكل-صوديوم والمعروفة أيضاً باسم *ZEBRA، حيث أنقذت هذه التقنية بطارية NaS واليوم تستخدم هذه البطارية بشكل ناجح في العديد من التطبيقات.

لـ ZEBRA جهد خلية اسمي من 2.58V وطاقة نوعية من 90-120 Wh/kg وهذا المستوى يمكن مقارنته مع مستويات فوسفات الليثيوم ومنغنيز الليثيوم.

تبلغ حيادة خدمة هذه البطاريات حوالي ثمان سنوات وتملك ٣٠٠٠ دورة ويمكن شحنها بسرعة، غير سامة والمواد الخامة متوفرة بكثرة مما يجعل كلفتها منخفضة.

تأتي بطاريات ZEBRA في أحجام كبيرة من 10 kWh أو أعلى والتطبيقات النموذجية لها هي الرافعات وسكك الحديد، السفن، الغواصات، والسيارات الكهربائية.

لهذه البطاريات مزايا عديدة عند تشغيلها في درجات حرارة متطرفة وهذه البطاريات مستخدمة في التطبيقات التي تتطلب استمرارية كسيارات التاكسي وخانات تسليم البضائع.

يجب أن يتم إحماء بطاريات ZEBRA إلى حرارة 270ºC-350ºC وهي درجة حرارة أخفض من بطارية كبريت الصوديوم. وعلى الرغم من الاعتقاد السائد بأن العزل الخاص يقلل الضياع الحراري فإن الحرارة الزائدة تستهلك 14% من طاقة البطارية خلال اليوم، والذي ينتج عنه تفريغ ذاتي بحدود 18%.

تتطلب هذه البطاريات من ٣-٤ أيام لكي تبرد، وإعادة إحماءها تتطلب حوالي يومين بناءً على حالة الشحن عند زمن إيقاف تشغيلها. الفشل الشائع لهذه البطارية يتضمن القصر الكهربائي بسبب تآكل العازلية وبالتالي تصبح نواقل والنمو التفرعي للنواقلية الذي يزيد من التفريغ الذاتي.

٧,٦,٢ البطاريات القلوية القابلة لإعادة الاستعمال Reusable Alkaline:

تم ١٩٩٢م، إن البطاريات القلوية العادية ربما تولد غاز الهيدروجين والذي يمكن أن يسبب خطر الانفجار. إن معظم مستخدمي هذه البطاريات يقومون تفريغها وإعادة شحنها عند الضرورة، حيث إن قدرة هذه البطاريات أقل من قدرة بطاريات NiCd، ولها نفس أسلوب دورات العمل، وهذا ينتج عنه ضياعات سعة أكبر.

إن تيار التفريغ بحدود 200mA عند نسبة 0.2C أو 0.5C ونهاية عتبة التفريغ يتم ضبطها على 1V/cell.

إن الاستخدامات المحددة لبطاريات Reusable Alkaline هي تيارات الأحمال الجائزة المنخفضة البالغة 4000mA (حيث إن القيم الأقل تقدم نتائج أفضل).

الجدول ١٢,٢ يقارن الطاقة النوعية، الجهد، التفريغ الذاتي، وزمن التشغيل للعديد من البطاريات المتوفرة في المقاسات AAA & AA والمقاسات الأخرى، وهذه الخلايا يمكن استخدامها في التجهيزات المحمولة المصممة من أجل هذه المعايير.

بالرغم من أن فولطيات الخلايا متنوعة ، فإن جهود انتهاء التفريغ الذاتي هي جهود مشتركة، والتي هي نموذجياً 1V/cell، إن اعتبارات الأمان وعدم توافقية الجهود يمنع بيع بطاريات Li-ion بالأحجام AAA & AA.

نوع البطارية	الطاقة النوعية خلية AA	الجهد	التفريغ الذاتي السعة بعد سنة تخزين	زمن التشغيل عدد الصور الملتقطة بالكاميرا الرقمية
قلوية نظامية	4300mWh غير قابلة للشحن	1.5V	0.5%	١٠٠ لقطة
قلوية قابلة لإعادة الاستخدام	4300mWh أخفض عند الشحن المتكرر	1.4V	0.5%	١٠٠ لقطة
Eneloop**	4300mWh قابلة للشحن	1.2V	85%	٥٠٠ لقطة
NiMH	4300mWh قابلة للشحن	1.2V	50%	٦٠٠ لقطة

الجدول ١٢,٢: مقارنة بين البطاريات القلوية والقلوية القابلة للشحن والـ Eneloop و الـ NiMH.

*ZEBRA: تسمى أيضاً بطارية Zeolite.

**Eneloop: ماركة تجارية مسجلة لشركة SANYO وهي بطارية مبنية على أساس NiMH.

٧,٢ البطاريات القابلة للشحن التجريبية (Experimental Battery):

هذه البطاريات لا توجد في السوق وإنما في المختبرات المشددة الحراسة، وتتصل أخبارها مع العالم الخارجي بواسطة بعض التقارير الواردة عن هذه المختبرات. بعض هذه الأنظمة تظهر جهدا وإمكانية تحمل جيدة، ولكنها تحتاج لسنوات عدة حتى تدخل الميدان التجاري. والبعض الآخر تختفي في المختبرات بشكل غامض دون حتى أن نعلم بوجودها. في الفقرات التالية سنظهر بعضاً من هذه البطاريات الواعدة التجريبية وذلك حسب ترتيبها الهجائي.

١,٧,٢ بطارية هواء–الليثيوم Lithium-air:

تستعير هذه البطاريات فكرتها من بطاريات هواء–زنك ومن خلايا الوقود والذين يعملون عن طريق نفث الهواء. البطارية تستعمل كاثود هوائي كعامل مساعد يقوم بتزويدها بالأوكسيجين. والالكترود وأنود الليثيوم. يتوقع العلماء بإمكانية خزن الطاقة من ٥ إلى ١٠ مرات أكبر من الليثيوم العادية ولكنهم يتوقعون أن هذه التقنية تحتاج إلى عقدين على الأقل قبل أن تصبح واقعاً. بالاعتماد على المواد المستعملة، بطارية Li-ion-air تنتج جهداً بين 1.7-2.3V/cell. إن الشركات مثل IBM, Excellatron, Liox Power, Lithion-Yardney, Poly Plus, Rayovac . وآخرون يقومون بتطوير هذه التقنية. إن الطاقة النوعية النظرية لبطاريات الليثيوم هي 13Wh/kg.

٢,٧,٢ بطارية معدن–الليثيوم Li-metal:

معظم هذه البطاريات غير قابلة للشحن، ولكن شركة Moli Energy of Vancouver كانت أولى المصنعين لبطارية ليثيوم–معدن قابلة للشحن من أجل الهواتف النقالة. ولكن القصر العرضي الناتج عن التفرعات الشجرية في بطارية الليثيوم سبب فاقداً حرارياً ولذا تم سحب هذه البطاريات في العام ١٩٨٩م. تمتلك هذه البطاريات طاقة نوعية عالية جداً. في العام ٢٠١٠م، تم فحص بطارية Li-metal-polymer تجريبية بسعة قدرها 300Wh/kg في عربة كهربائية تجريبية (كانت هذه العربة هي سيارة من شركة نيسان ذات سعة بطارية 80Wh/kg). شركة DBM Energy المصنعة لهذه البطارية حققت 2500 دورة، أزمنة شحن قصيرة وسعراً تنافسياً. وحتى إذا استطاعت إنتاجها بشكل واسع، فإن مشكلة الأمان تبقى هي لب المشاكل.

٣,٧,٢ بطارية كبريت الليثيوم Li-S:

بالنظر إلى الوزن الذري المنخفض لليثيوم والوزن المعتدل للكبريت، فإن بطاريات كبريت الليثيوم تقدم طاقة نوعية عالية جداً من 550Wh/kg، اي أكبر بثلاث مرات من بطاريات الليثيوم أيون العادية، وقدرة كهربائية كامنة من

2500W/kg. خلال التفريغ، يذوب الليثيوم من طبقة المصعد، ويعكس نفسه أثناء الشحن عن طريق توضعه على سطح المصعد. لبطاريات كبريت الليثيوم خصائص تفريغ جيدة في الحارة الباردة ويمكن إعادة شحنها عند الدرجة -60°C. ولكن التحديات التي تواجهها هذه البطاريات هي حياة دورتها المحدودة والتي تبلغ من 40-50 دورة شحن/تفريغ والاستقرار السيء عند الحرارة العالية. منذ العام ٢٠٠٧، بدأ مهندسو جامعة Stanford بإجراء تجارب على أسلاك نانوية لاستعمالها في البطاريات، وهذه التقنية تعد واعدة إلى حد كبير. لخلية Li-S جهد 2.10V/cell وهي صديقة للبيئة. كما أن الكبريت كمكون متوفر جداً في السوق العالمية.

٤,٧,٢ أقطاب نانوية مكونة من سيليكون–كربون لبطاريات الليثيوم Nano Li-Si-C:

طور الباحثون هيكلية قطب موجب جديدة عالية الأداء من أجل بطاريات الليثيوم وهذه التقنية مبنية على أساس مواد نانوية من الكربون والسيليكون. هذه المادة تحتوي على دوائر سيليكون صلبة ومتينة مع قنوات شاذة من أجل تطوير خاصية التقبل لبطاريات الليثيوم ذات الكتلة الجزيئية. مع وجود أقطاب الغرافيت الموجبة، فإن الأبحاث توصلت إلى أداء مستقر وسعة أكبر بـ ٥ مرات من بطاريات الليثيوم العادية. حيث يتحدث المصنعون عن أنها ستكون بسيطة ومنخفضة الكلفة، وآمنة وقابلة للتطبيق على مجال واسع. على أي حال، فإن حياة الدورة محدودة بسبب المشاكل البنيوية المتمثلة بإدخال وانتزاع الليثيوم في الأحجام المرتفعة.

Chapter 3 الفصل الثالث

العناية بالبطاريات

نظرة عامة (Overview):

في هذا الفصل، سنتحدث كيفية العانية بالبطاريات، حيث سنقوم بنظرة على مجموعات البطاريات القديمة والجديدة، ثم سندرس التشويش الحاصل على الجهود، وبعدها سننتقل لدارات الحماية الخاصة بالبطاريات، ولن ننسى ذكر بعض اعتبارات الأمان لبطاريات الليثيوم، كما لن ننسى شرح ماهية الذاكرة الموجودة في بطاريات النيكل.

١,٣ نظرة إلى رزم البطاريات الجديدة والقديمة (New Old Batteries Overview):

إن البطاريات المبكرة القديمة في الأعوام ١٧٠٠م و١٨٠٠م كانت في الغالب تغلف في جرار زجاجية، وبما أن البطاريات نمى حجمها مع الوقت، بدأ استخدام حاويات خشبية مغلقة. ومع ازدياد الحاجة إلى إمكانية النقل، ظهرت الخلايا الأسطوانية المغلقة والتي قادت في النهاية إلى توحيد المقاسات في صيغة الحجم.

في البداية كان توحيد الحجم يخص البطاريات الأولية كالكربون–زنك. الخلايا القلوية ظهرت في العام ١٩٦٠م، وبوصول بطاريات النيكل كادميوم المغلفة في العام ١٩٥٠م و١٩٦٠م، ظهرت مقاسات جديدة، والعديد من البطاريات المشتقة من المقاسات القياسية A و C أنشأت في نهاية العام ١٨٠٠م. إن مصنعي بطاريات الليثيوم تركوا الأحجام التقليدية وانتقلوا إلى اختراع أشكالهم الخاصة بهم كالأشكال الأسطوانية، الموشورية، وشكل الوسادة. بالنظر إلى أشكال بطاريات الهاتف الخلوي لوحده، فإننا ندرك أن توحيد المقاييس للبطاريات يتجه نحو الزوال. الجدول ١,٣ يلخص حجوم البطاريات التاريخية والحالية.

الحجم	الأبعاد	التاريخ
الخلية F	33 x 90 mm	أنتجت في العام ١٨٩٦م لتستخدم في الفوانيس، ولاحقاً لأجهزة الراديو. متوفرة فقط بنوع NiCd اليوم.
الخلية E	غير معروف	تم تقديمها للاستخدام في العام ١٩٠٥م في فوانيس الصناديق وتطبيقات الهواة، وتم إيقافها في العام ١٩٨٠م.
الخلية D	34 x 61mm	قدمت في العام ١٨٩٨م من أجل الأضواء الكاشفة والراديوهات، وما زالت مستخدمة حتى اليوم.
الخلية C	25.5 x 50mm	قدمت في العام ١٩٠٠م، للحصول على معامل شكل أصغر.

الخلية B	20.1 x 56.8mm	قدمت في العام ١٩٠٠م، من أجل الأضواء المحمولة "الأبيال". وضم ذلك أضواء البطاريات في أوروبا، وتوقف استعمالها في أمريكا الشمالية منذ العام ٢٠٠١م.
الخلية A	17 x 50mm	متوفرة فقط لبطاريات NiCd، وتأتي أيضاً في أحجام أصغر.
الخلية AA	14.5 x 50mm	تعرف ببطاريات الأبيال، حيث قدمت كخلايا ثنائية جنباً إلى جنب لأضواء الجيب، واستعملت كأداة تجسس خلال الحرب العالمية الأولى، تم بيع أول خلية منها في العام ١٩١٥م، وحظيت بشعبيتها في العام ١٩٤٧م.
الخلية AAA	10.5 x 44.5mm	تم تطويرها في العام ١٩٥٤م لتقليل حجم بطاريات كاميرات شركتي كوداك وبولارويد، وحظيت بشعبيتها في العام ١٩٧٠م من النوع القلوي.
الخلية AAAA	8.3 x 42.5mm	هي فرع من بطارية 9V ومتوفرة منذ العام ١٩٩٠م، تستخدم لمؤشرات الليزر، أضواء الجيب LED، إبر الحاسوب، مضخمات السمع.
بطارية 4.5V	65 x 61x 21m	ثلاث خلايا في مجموعة مسطحة، الشريط الطرفي القصير هو القطب الموجب والطويل يكون السالب، شائعة الاستخدام في أوروبا.
بطارية 9V	48.5 x 26.5x 17.5mm	قدمت في العم ١٩٥٦م، للراديوهات العاملة بالترنزستورات، تتضمن ٦ خلايا موشورية أو AAAA.
18650	18 x 65mm	طورت في أواسط العام ١٩٩٠م من أجل أنظمة الليثيوم أيون، شائعة الاستخدام في مجموعة بطارية الحواسيب المحمولة
26650	26 x 65	أكبر من بطارية ليثيوم أيون القياسية، تستخدم من أجل التطبيقات الصناعية.
26700	26 x 70	شبيهة بالبطارية 26650 مع قطر أكبر بشكل طفيف.

الجدول ١,٣: المعايير الشائعة للبطاريات القديمة والجديدة.

٢,٣ التشويش على الفولطيات (Confusion of Battery):

البطارية هي عبارة عن تجهيزة كهروكيميائية تنتج جهداً فولطياً عند وضع معادن مختلفة في محاليل الحمض. إن جهد الدارة المفتوحة OCV يتفاوت وفقاً للمعادن والمحاليل الحمضية (الالكترودات) المستخدمة. إن تطبيق شحن أو تفريغ يضع البطارية حالة جهد الدارة المغلقة CCV. يرفع الشحن من قيمة الجهد ويخفض التفريغ قيمته. إن سلوك الجهد هذا محكوم بالمقاومة الداخلية للبطارية، المقاومة المنخفضة تنتج تقلباً أقل تحت الحمل أو الشحن. يهيج الشحن والتفريغ البطارية والاستقرار الكامل يحتاج إلى ٢٤ ساعة. درجة الحرارة أيضاً لها دور، فالحرارة الباردة ترفع الجهد والمرتفعة تخفضها.

يقدر المنتجون البطارية عن طريق تخصيص الجهد الاسمي وبضعة استثناءات، تتبع هذه الجهود لاتفاقية متفق عليها. إن تقدير بعض أنواع الليثيوم أكثر من الجهد القياسي 3.60V/Cell ربما يساعد في تسويق الإنتاج ولكن فقط للمستخدمين. يتم حساب الجهد الكيميائي النوعي. هنا سندرج الجهود الاسمية لأكثر أنواع البطاريات شيوعاً بشكل مختصر.

١,٢,٣ بطارية الحمض-رصاص:

إن الجهد الاسمي لبطاريات 2.00V/Cell Lead-acid، بأي حال، عند قياس جهد الدارة المفتوحة OCV، فإن جهد الشحن الكامل ينبغي أن يكون 2.10V/Cell. إن المحافظة على البطارية تحت جهد 2.10V/cell قد يسبب زيادة تكبرت للبطارية.

٢,٢,٣ بطارية النيكل:

في تطبيقات المستهلك، يقدر جهد بطاريات NiCd و NiMH بـ 1.2V/cell، البطاريات الصناعية والعسكرية، وحتى الخاصة بالطائرات تلتزم بالجهد الأصلي 1.25V/cell. لا يوجد هناك اختلاف بين خلية 1.20V و 1.25V فالتمثيل هنا مرجعي تفاضلي.

٣,٢,٣ بطاريات الليثيوم-أيون:

إن الجهد الاسمي لخلية ليثيوم أيون هو 3.60V/Cell. وهذا يعد تصوراً عملياً إذا علمنا أن جهد هذه البطاريات يكافئ جهد ٣ بطاريات نيكل موصولة على التسلسل (3×1.2=3.6V). إن بعض منتجي الخلايا يؤشرون على منتجات الليثيوم الخاصة بهم بجهد 3.70V/Cell أو أعلى. وهذا يشكل ميزة تسويقية بسبب الـ Wh الكثيرة المبينة على ورقة لمنتج. وتنتج هذه الخلايا إشارات فريدة بجهود 11.1V و 14.8V عند وصل ثلاث أو أربع خلايا في شكل تسلسلي. إن هذه الجهود العالية لا تسبب أي تشويش، ومصنعو التجهيزات دائماً يلتزمون بجهد خلية اسمي من 3.60V لمعظم أنظمة الليثيوم، والتصميم القياسي للجهود 10.8V و 14.4V دائماً سيعمل.

لحساب الجهد الاسمي، نأخذ بطارية مكتملة الشحن والتي قياس جهدها 4.20V ومن ثم نقوم بتفريغها إلى أدنى جهد تفريغ والبالغ 3.00V عند نسبة 0.5C وأثناء ذلك نخطط الفولطية المتوسطة. من أجل بطاريات Li-Cobalt، فإن متوسط الجهد يبلغ 3.60V/Cell. إن إجراء نفس التفريغ على بطارية ليثيوم منغنيز مع مقاومة داخلية منخفضة سينتج معدل جهد أعلى. إن بطاريات الحمض لديها أقل مقاومة منخفضة، والجهد المخطط على الحمل يقفز بين 3.70V-3.80V/Cell. هذه الفولطية المتوسطة العالية لا تقوم بتغيير عتبة جهد الشحن الكامل أو عتبة جهد نهاية التفريغ.

إن بطاريات الفوسفات ذات الأساس ليثيوم–أيون تنحرف عن الأخرى في عائلة الليثيوم أيون وجهود الخلية الاسمية يتم تعيينها بين 3.20V و 3.30V. وبسبب اختلاف الجهد، فإن عائلتي الليثيوم غير قابلتين للتبادل. إن بطاريات الليثيوم الجديدة قد يكون لديها جهود أخرى وبالتالي هي بحاجة إلى شواحن جديدة.

البطاريات الأولية:

تسلم البطاريات القلوية جهداً قدره 1.5V، وبطارية أوكسيد الفضة تسلم 1.6V وبطارية الليثيوم الأولية تسلم 3V. لبطارية 9V ستة خلايا على التسلسل. يجب عدم شحن البطاريات الأولية لأن زيادة الشحن قد تنتج غازات متفجرة.

٣,٣ دارات الأمان للبطاريات الحديثة (Safety Circuits for Batteries):

١,٣,٣ دارات الحماية:

تطلق البطاريات قدرة عالية، ومعظم المجموعات تتضمن حماية ضد الأعطال. إن أكثر تجهيزات الأمان الأساسية في البطارية هو الفيوز الذي ينصهر عند ارتفاع التيار من أجل حماية الدارة. بعض التجهيزات تكون مفتوحة بشكل دائم ولا تتوافق مع البطاريات الضعيفة.

التجهيزة الثانية هي المفاتيح القطبية Polyswitch™ كالتجهيزات التي تتطلب إعادة ضبط، فهي تقوم بتوليد مقاومة عالية ضد التيار الفائض وتعود لوضعية ON منخفضة في الشروط الطبيعية.

الحالة الثالثة هي مفتاح الحالة الصلبة الذي يقيس التيار ويفصل تلقائياً في ظروف التحميل الكبيرة.

إن جميع تجهيزات التبديل تمتلك مقاومة متبقية خلال التشغيل الطبيعي، والتي تسبب زيادة طفيفة على مقاومة البطارية الكلية وهبوط الجهد اللاحق.

٢,٣,٣ البطاريات الآمنة الفعلية:

إن البطاريات الآمنة الفعلية IS تحتوي دارات حماية والتي تمنع تشكل تيار عالي وتسبب ارتفاع حراري شديد، وشرارات أو انفجار للبطارية.

هناك عدة مستويات فعلية للأمان، كل منها تخدم مستوى خطر معين، والمتطلبات تكون متفاوتة من بلد لآخر، حيث تضاف التدابير إلى دارة الحماية لبطاريات الليثيوم، والمعيار التقريبي يكون صارماً في هذه الناحية. وهذه النتائج تنعكس في الكلفة المرتفعة للبطارية.

٣,٣,٣ تحقيق الأمان لبطارية الليثيوم:

إن مجموعات البطارية للحواسيب المحمولة والتجهيزات المحمولة الأخرى تتضمن العديد من مستويات الحماية وذلك لضمان الأمان في جيع ظروف استخدامها من قبل المستهلك. إن تحقيق الأمان يبدأ في خلية البطارية، والتي تتضمن:

١. مفتاح حراري داخلي PTC وظيفته الحماية ضد اندفاعات التيارات العالية.
٢. جهاز مقاطعة الدارة CID الضي يقوم بفتح ممر كهربائي في حال ارتفاع ضغط الخلية إلى 145psi بسبب الشحن الزائد.
٣. منفس الأمان الذي يحرر الغاز الذي يحدث في حال الزيادة المستمرة لضغط الخلية.

بالإضافة إلى معايير الأمان الداخلية هذه، فإن دارة الحماية الالكترونية الخارجية تحمي البطارية من جهد الشحن في حال تجاوزه 4.30V لكل خلية وأكثر من ذلك، يقطع الفيوز التيار إذا اقتربت الحرارة السطحية لأي خلية من 90ºC. ومن أجل حماية الدارة من زيادة التفريغ تقوم دارة التحكم بقطع مسار التيار عند جهد 2.20V/cell.

مثلاً: من أجل السيارات الهجينة والتي تسلم مئات الفولتات، فإنه يتم صنع دارات حماية خاصة لها، والتي تزيد بشكل حاد من الكلفة الكلية للبطارية.

إن مراقبة خليتان أو أكثر موصلتان تفرعياً من أجل الحصول على تيار أعلى يكون أقل حرجاً من التحكم بالجهد في الخلايا ذات الوصل التسلسلي.

في بطاريات الليثيوم يكون الغاز المتحرر هو جزء م الضغط الداخلي وهذا الغاز يكون بشكل رئيسي غاز CO_2.

إن التفريغ الشائع لليثيوم هو عند جهد 3.0V/cell، وهذه القيمة هي العتبة التي تتوقف عندها جميع الأجهزة المحمولة عن العمل، حيث إن أقل فرق جهد ممكن هو 2.5V/cell، وخلال الخزين طويل المدى، يسبب التفريغ الذاتي هبوط الجهد بشكل أكبر، وهذا يسبب إطفاء دارة الحماية ودخول البطارية في حالة الإسبات ومعظم الشواحن تتجاهل مجموعات الليثيوم التي تدخل في حالة الإسبات والشحن لن يكون ممكنا عند ذلك.

في وضعية التشغيل ON، تمتلك دارة الحماية الداخلية مقاومة من 50-100Ω. تتكون الدارة نموذجياً من قاطعين موصلين على التسلسل، أحدهما مسؤول عن الفصل المرتفع، والآخر للفصل المنخفض.

يمكن تبسيط بعض دارات الحماية لبعض البطاريات الخلوية الصغيرة، إن غياب دارة حماية كاملة توفر بعض الكلفة، ولكن سينتج عن ذلك مشاكل عديدة، وهنا سنشرح ما سيحدث.

إن بعض الشواحن المنخفضة التكلفة تعتمد فقط على دارة حماية للبطارية من أجل تحديد إنهاء تيار الشحن، فبدون وجود مفتاح إنهاء الجهد الوظيفي، فإن جهد الخلية قد يرتفع بشكل عالي جداً وبالتالي يزيد من شحن البطارية.

إن التسخين الداخلي و الانتفاخ تعتبر مؤشرات مبكرة على حدوث الفشل قبل حصول التفكك المحتمل للبطارية.

الشكل ١,٣ يبين بطارية متضررة أثناء شحنها في السيارة.



الشكل ١,٣ يبين انفجار هاتف خلوي.

إن خلايا الهاتف العامة تتفكك في حال دمج شاحن مع بطارية غير مناسبة وبالتالي يسبب ذلك خطر الانفجار، لذا ينصح باستعمال البطاريات والشواحن الآمنة فقط.

إن الاعتبار الذي يجب أخذه بالحسبان أيضاً هو حالة الكهرباء الساكنة أو وجود شاحن سيء واللذان يسببان تفكك دارة الحماية للبطارية. وهذا يمكن أن يجعل مفاتيح الحالة الصلبة بشكل دائم الوضعية ON دون علم المستخدم، إن البطارية التي تمتلك دارة حماية سيئة قد تعمل بشكل طبيعي لكنها تفشل بتوفير الأمان المطلوب.

٤,٣,٣ بعض الإرشادات البسيطة لاستخدام بطاريات الليثيوم:

- ✓ يجب أخذ الحيطة والحذر أثناء حمل أو فحص بطاريات الليثيوم.
- ✓ يجب عدم قصر الدارة، زيادة شحنها، تحطيمها، إسقاطها، وصلها مع مواد غريبة، تطبيق قطبية عكسية، رفع حرارتها لمستوى مرتفع أو تفكيك المجموعة والخلايا.
- ✓ يجب عدم استخدام خلايا ليثيوم أيون إلا مع دارات حماية مصممة خصيصاً لها مع وجود الشاحن المناسب.
- ✓ إن درجة الحرارة العالية خلال الشحن أو التفريغ قد تلمح أو تقود إلى الفشل، لذا يجب عدم الاستمرار باستخدام البطارية أو/و الشاحن.
- ✓ إن الالكترود في البطارية ذو لهب عالي وبالتالي انفجار البطارية يمكن أن يسبب إصابة فيزيولوجية.
- ✓ يجب استخدام جهاز إطفاء رغوي، CO_2، مادة كيميائية جافة، بودرة غرافيت، بودرة نحاس، أو كربونات الصوديوم لإطفاء حريق بطاريات الليثيوم.
- ✓ إذا لم يتم السيطرة على حريق بطارية الليثيوم، يجب الابتعاد عن مصدر الحريق وتركها تحترق لوحدها في منطقة آمنة ومتحكم بها.

٤,٣ اعتبارات الأمان لبطاريات الليثيوم–أيون (Safety Concerns with Li-ion):

إن الأمان هو قضية حساسة تجذب الاهتمام الإعلامي والعلمي وخصوصاً مع بطاريات الليثيوم. إن أي تجهيزة تقوم بخزن الطاقة تحمل في جوانبها خطراً دائماً، ففي العام ١٨٠٠م كانت المحركات البخارية تتفخر مسببة وقوع الكثير من الضحايا. يسعى مصنعي البطاريات جاهدين لتحقيق متطلبات الأمان، ومعظم الـ OEM يستخدمون فقط بطاريات الليثيوم التي تتطابق مع عدة معايير أمان أو إحداها على الأقل.

تمتلك بطارية الليثيوم طاقة نوعية عالية وحت كونها آمنة، فإن الاستخدام المرتفع لملايين المستهلكين لها قيد أو حد من حدوث الفشل لها.

إن الفشل الحراري للبطارية يتم أخذه بجدية كبيرة والمصنعون يختارون تقنيات حفظ متفاوتة.

إن تقنيات التجميع المعقدة تجعل إزالة كل الغبار المعدني شيء أقرب إلى المستحيل. الخلايا ذا الفواصل فائقة النحافة من 20-25µm أكثر حساسية للشوائب من التصاميم الأقدم مع معدلات أخفض. فبينما خلية 1350mAh في مجموعة ١٨٦٥٠ تستطيع تحمل فحص احتراق لسطحها بطول مسمار كامل، فإن الكثافة العالية 2400mAh تصبح كقنبلة موقوتة عن تأدية نفس الفحص.

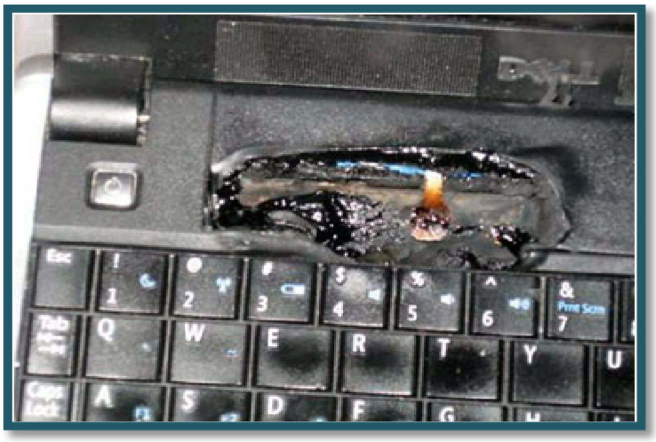
يقوم مصنعو البطاريات بتطوير طرق التصنيع لتحسين الأمان وزيادة العمر التقويمي، والمشكلة الأساسية تكمن في الحالات النادرة المتجلية في تطور حالة القصر الكهربائي في الخلية. في مثل هذه الحالة، فإن وحدات الحماية الملحقة الخارجية تكون غير ذات تأثير لإيقاف حالة الهروب الحراري، وهذا ما حصل في العام ٢٠٠٦ حيث لبت بطاريات الليثيوم متطلبات الأمان ولكنها فشلت في الاستخدام العادي.

في حال وجود فواصل غير مستوية في بطارية الليثيوم، فإن هذا أيضاً قد يسبب فشلاً في الخلية. كما أن خفاف المنطقة الداخلية للبطارية يسبب انخفاضاً شديداً في الناقلية مما يؤدي لزيادة المقاومة الداخلية، والتي بدورها تسبب ظهور بقع ساخنة تضعف من متانة وسلامة الفاصل. فالحرارة دائماً هي العدو الأول للبطاريات.

عند ارتفاع حرارة البطارية بشكل كبير جداً، فيجب عندها إزالة الأجهزة القريبة من المواد القبلة للاشتعال مباشرة ونقلها إلى مكان ذو سطح غير قابل للاحتراق. وإذا أمكن ذلك، فيجب وضع اللابتوب أو الهاتف الخلوي المتضرر في العراء وتركه يحترق بعيداً. يجب الانتباه هنا بأن بطارية ليثيوم أيون لا تحتوي أي معادن وبالتالي لا تتفاعل مطلقاً مع حالة الإطفاء بالماء.

عند حدوث الهروب الحراري، فإن الحرارة المرتفعة للخلية المتضررة يمكن أن يمتد إلى باقي الخلايا، مسبباً تذبذباً في الاستقرار الحراري لها أيضاً. وبالتالي فإن التفاعل المتسلسل سيسبب تدمير البطارية خلال ثواني معدودة، لزيادة الأمان، يجب على البطارية أن تحتوي على مقسمات لمنع الخلية المتضررة بإلحاق الأذى بالخلايا المجاورة.

الشكل ٢,٣ يبين حاسباً محمولاً معطلاً جراء فشل بطارية الليثيوم أيون الخاصة به.



الشكل ٢,٣ يبين حاسباً محمولاً متضرراً من فشل بطارية ليثيوم.

إن فشل بطاريات الليثيوم الحراري لا يتعلق فقط بالليثيوم بل أيضاً هناك فشل حراري لبطاريات النيكل والحمض-رصاص، ومعظم أسباب الفشل لجميع البطاريات تكون نفسها ألا وهي تآكل أو ذوبان الفواصل الداخلية بين الخلايا مما ينتج عنه قصر كهربائي يولد حرارة كبيرة تدمر البطارية.

يجب التنويه إلى أن بطاريات الليثيوم أيون الصغيرة المستخدمة في الهواتف الخلوية هي آمنة لدجة كبيرة ولا تتطلب دارات حماية كبيرة، بالتالي فقط المجموعات الكبيرة للبطاريات تتطلب حمايات متعددة ومن أنواع محددة.

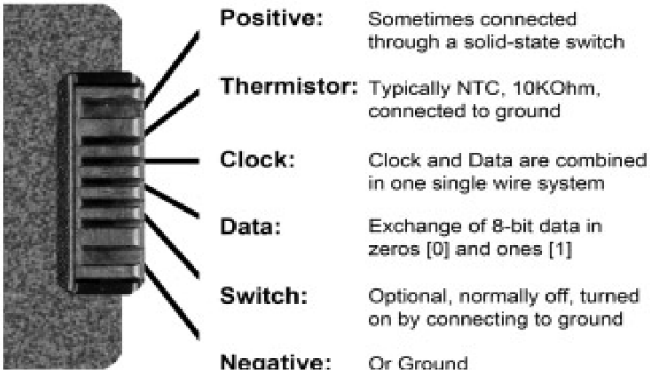
٥,٣ صيانة بطارية الحاسب المحمول (Maintain Laptop Battery):

إن معظم بطاريات الحواسيب المحمولة هي بطاريات ذكية، أي أن المجموعة تتألف من جزأين: خلايا كيميائية ودارات رقمية. في حال كانت الخلايا ضعيفة، فإن استبدال الخلايا يعتبر حلاً اقتصادياً، ولكن خلايا بطاريات الليثيوم لا تباع على نطاق واسع كما هي الحال مع بطاريات النيكل، ومعظم المصنعين يبيعون فقط البطارية كما هي، ويعود ذلك بسبب معايير الأمان المتبعة مع بطاريات الليثيوم، لأن استبدال الخلايا يتطلب تطابقاً شبه كامل بين سعات الخلايا المستبدلة. قد تحوي بطارية الحاسب المحمول على خلية ضعيفة واحدة، ومعدل النجاح في استبدال الخلية المتضررة يعتمد على ارتباطها مع الخلايا الأخرى. فجميع الخلايا في المجموعة يجب أن تمتلك سعات متشابهة لأن الممانعة تقصر من عمر المجموعة. وأكثر من ذلك فإن حالة الشحن لجميع الخلايا التي تُشحن لأول مرة يجب أن تكون عند مستوى شحن واحد، وجهود الدارة المفتوحة ينبغي أن تصل لـ 10% لكل واحدة.

إن تلحيم الخلايا هو الطريق الأنسب للحصول على اتصال موثوق، حيث يجب الحد من الحرارة المنتقلة للخلايا خلال التلحيم وذلك لمن الحرارة الداخلية من التأثير على حالتها الكيميائية.

إن بطارية SMBus النموذجية لديها ٥ وصلات أو أكثر، تتضمن قطبي البطارية + و — وقطب الساعة وقطب البيانات وقطب حساس الحرارة. إن الاتصال يكون عادة غير معنون، على أية حال، القطبان + و — يكونان عادة متوضعان عند الحافة الخارجية للمتصل والوصلات الداخلية تختص بالبيانات ونبضات الساعة.

(في نظام السلك الواحد يتم دمج منفذ البيانات مع الساعة من أجل الحرص على السلامة، ويتم سحب مأخذ حساس الحرارة إلى خارج البطارية) الشكل ٣,٣ يبين بطارية ذات ٦ وصلات.



الشكل ٣,٣ نهايات التوصيل لبطارية حاسب محمول.

بعض البطاريات تكون مجهزة بمفتاح حالة صلبة والذي يكون على الوضعية Off بشكل طبيعي عند عدم وجود اي جهد على أطراف البطارية. إن وصل نهاية المفتاح عادة للأرض يسبب تشغيل البطارية، وإذا لم تعمل هذه الطريقة، فإن المجموعة قد تكون بحاجة لشيفر خاصة من أجل تنشيطها، حيث يقوم مصنعو البطاريات بالاحتفاظ بهذه الشيفرات ويحيطونها بشيء من السرية.

لإيجاد النهايات الصحيحة نستخدم جهاز الآفو لإيجاد قطبي البطارية السالب والموجب وتحديد القطبية كذلك. إذا لم يتوافر على الأقطاب أي جهد، فإننا بحاجة لتنشيط مفتاح الحالة الصلبة من الحالة Off.

نقوم بوصل الآفوميتر للنهايات الخارجية، ثن نأخذ مقاومة قدرها 100Ω أو حسب المتطلبات، ونربط إحدى النهايات للأرض، ومع النهاية الأخرى نقوم بلمس كل نهاية مع مراقبة حالة مقياس الفولت.

إن لم يظهر أي جهد، فإن البطارية قد تكون منتهية الصلاحية، أو أن المجموعة تتطلب كود أمني. إن استخدام المقاومة ذات القيمة 100Ω يمكن اعتبارها منخفضة بشكل كافٍ من أجل تشغيل الدارة الرقمية ومرتفعة كفاية من لحماية البطارية ضد أي قصر كهربائي محتمل.

إن تأمين الاتصال مع نهايات البطارية في هذه الحالة يجب أن يفعل أو يمكن عملية الشحن وغذا توقف تيار الشحن بعد 30sec فإن الكود الأمني يكون مطلوباً تفعيله، وهذا صعب إن لم يكن مستحيلاً دون معرفة الرمز الصحيح.

بعض مصنعي البطاريات يضيفون مفتاح تحديد نهاية عمر البطارية حيث يعمل على إطفاء البطارية عند وصولها إلى عمر محدد أو عدد دورات محدد.

من أجل تحديد الحالة الحرارية للبطارية، نقوم بوصل الثيرموستور خلال الشحن والتفريغ من أجل حماية البطارية ضد التسخين الزائد المحتمل، حيث نستخدم جهاز الآفوميتر لإيجاد المقاومة الحرارية الداخلية، إن أكثر المقاومات الحرارية شيوعاً هي بحدود $10k\Omega$ مثل الـ NTC التي تكون قيمتها $10k\Omega$ عند درجة حرارة $20°C$ حيث تتناقص

قيمتها مع ارتفاع درجة الحرارة، والعكس بالنسبة للمقاومة الحرارية الموجبة PTC التي تزداد مقاومتها مع ازدياد درجة الحرارة. بعد استبدال مجموعة الخلايا فإن البطارية تحتاج لبعض عمليات فرز تحديد/تثبيت.

إن دارات بعض البطاريات الذكية يجب أن تبقى في وضعية التشغيل عند استبدال خلاياها، لأن فصل الجهد لجزء من الثانية يسبب إزالة فعلية للبيانات من الذاكرة. حيث أن البيانات الضائعة قد تحتوي على قيمة مقاومة تحويلات رقمية مشوشة عن عداد كولمب.

للحصول على تشغيل مستمر خلال شحن الخلايا، يجب تأمين مصدر قدرة ثانوي عبر مقاومة 100Ω للدارة قبل الفصل ومن ثم تتم إزالة المصدر فقط بعد تشغيل الدارة مجدداً من الخلايا الجديدة. إن أي أحد يريد إصلاح بطاريات SMB يجب أن يكون حذراً مع قصية التوافق. فبعض الـ SMB تسمح ببعض التفاوت، وهذا قد يسبب مشاكل عند وصل مجموعات البطارية مع شواحن خارجية. يجب التأكد من توافق بطاريات SMB التي تم إصلاحها مباشرة قبل الاستخدام.

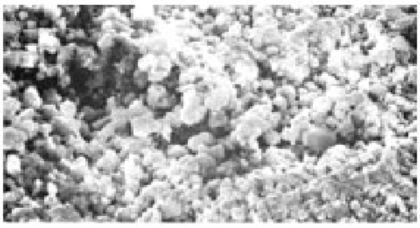
١,٥,٣ بعض الإرشادات عند إصلاح مجموعات البطارية:

- ✓ يجب فقط وصل الخلايا المتوافقة فيما بينها ولديها حالة شحن متساوية والابتعاد عن وصل الخلايا من كيميائيات أو أعمار أو سعات مختلفة.
- ✓ يجب عدم شحن أو تفريغ بطارية الليثيوم أيون دون دارات حماية متصلة حيث يجب مراقبة كل خلية على حدى.
- ✓ يجب تضمين حساس حرارة يقلل من تيارات التسخين الزائدة.
- ✓ يجب تطبيق شحن بطيء فقط إذا كان للخلايا حالة شحن مختلفة.
- ✓ يجب الانتباه عند استخدام خلايا غير معروفة تماماً لأن بعضها قد لا يحتوي على مستوى عالي من ميزات الأمان الفعلية.
- ✓ يجب الانتباه لقطبية بطاريات الليثيوم فعكس قطبيتها يسبب مشاكل كثيرة.
- ✓ يجب عدم شحن بطاريات الليثيوم المتضررة أو التي تملك جهد أقل من 1.5V/cell.
- ✓ عند إصلاح بطاريات ليثيوم أيون يجب التحقق من أن كل خلية متصلة مع دارة الحماية للبطارية.

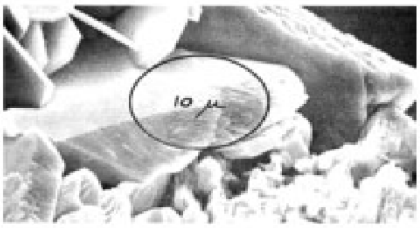
٦,٣ الذاكرة بين الوهم والحقيقة (Memory Fact or Myth):

خلال سنوات ظهور بطاريات NiCd بين الأعوام 1970-1980، فإن أكثر أعطال البطاريات ومشاكلها كانت تلقى على عاتق "الذاكرة"، وهي كلمة مشتقة من مصطلح "الذاكرة الدورية"، وهذا يعني أن بطاريات النيكل تسطيع تذكر مقدار الطاقة التي صرفتها خلال عمليات التفريغ السابقة وبالتالي لا تقوم بتسليم الطاقة المتبقية كما في السابق. بالنسبة للتفريغ فهو واجب منتظم. إن التحسينات في تقنيات البطاريات أزالت عملياً ظاهرة "ذاكرة التدوير".

الشكل ٤,٣ يبين مراحل التشكل البلوري والتي تحدث لخلية النيكل عند زيادة شحنها وعدم تفريغها بشكل كامل دورياً. التوسيع الأول يبين طبقة الكادميوم في البنية الكريستالية الطبيعية، والتي في المنتصف تظهر تشكل البلورات في المراحل المتقدمة، والشكل الثالث يبين بعض من إعادة التبلور.



خلية نيكل كادميوم جديدة. المصعد (الكترود سالب) في الحالة النظامية. بلورات هيدروكسيد الكادميوم السداسية حوالي ميكرون ١ في المقطع العرضي، حيث يعرض منطقة سطحيّة كبيرة للالكترود للأداء الأقصى.



خلية مع تشكل بلوري، تبين كيفية تضخم الكريستال بنسبة 50-100 micron في مقطع عرضي، حيث يغطي أجزاء كبيرة من المنطقة النشيطة للالكترود، الحافات المتعرجة والزوايا الحادّة يمكن أن يثقبا الفاصل، حيث يؤدّي إلى قصر كهربائي أو تفريغ ذاتي متزايد.

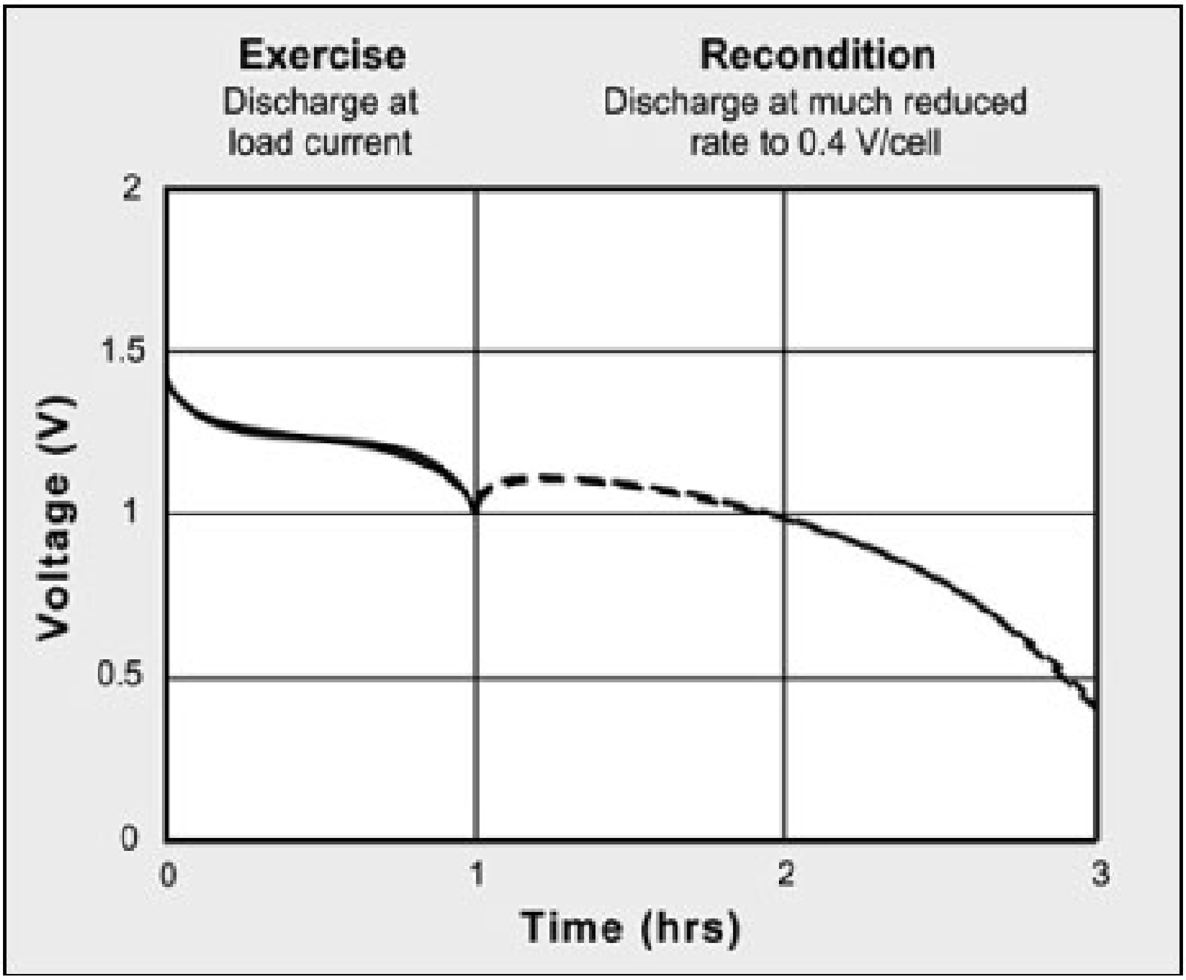


خلية معادة بعد شحن نبضي، حيث انخفضت بلورات الكريستال إلى 3-5 microns، حيث تمت الاعادة بنسبة 100% تقريباً.

الشكل ٤,٣ يبين تشكل بلورات الكريستال على خلية NiCd.

يحدث التشكل البلوري الكريستالي كل بضعة شهور عند زيادة شحن البطارية وعدم تطبيق تفريغ عميق لها بشكل دوري.

إن بطاريات النيكل الحديثة لا تتأثر بظاهرة وجود الذاكرة ولكنها تعاني من ظاهرة التشكل البلوري الكريستالي. إن مادة الكادميوم النشطة يتم تطبيقها على طبقة الالكترود السالبة، ولكن مع الاستخدام الخاطئ فإن التشكل البلوري سيحدث مؤدياً بذلك لتقليل المنطقة السطحية للمادة الفعالة. وهذا يخفض من أداء البطارية. في المراحل المتقدمة، فإن الحواف الحادة لبلورات الكريستال ستقوم بثقي الفاصل مسببة تفريغ ذاتي عالي يحدث قصراً كهربائياً. إن تعبير "الذاكرة" في بطاريات النيكل الجديدة يشير إلى ظاهرة التشكيل البلوري الكريستالي أكثر من إشارته لمصطلح "الذاكرة الدورية". بكل الأحوال، إن استعادة البطارية في الأغلب تكون ممكنة عن طريق تطبيق تفريغ ثانوي يدعى "إعادة التكييف". وإعادة التكييف هذه هي عبارة عن تطبيق تفريغ بطيء والذي يجر البطارية إلى نقطة جهد القطع بحوالي 0.4V/cell أو أقل. إن الاختبارات التي أجراها الجيش الأمريكي تشير إلى أن بطاريات NiCd تحتاج إلى تفريغ بحدود 0.6V/cell على الأقل من أجل التخلص من التشكيلات البلورية الأكثر تصلباً. خلال هذا التفريغ التصحيحي، يجب أن يبقى التيار منخفضاً من أجل تقليل عكس الخلية، الشكل ٥,٣ يبين جهد البطارية خلال تفريغها إلى 1V/cell متبوعة بتفريغ ثانوي بحدود 0.4V/cell.



الشكل ٣,٥: ميزة إعادة التكييف لمحلل بطاريات من شركة **Cadex**.

الفصل الرابع Chapter 4

طرق الشحن

نظرة عامة (Overview):

يقدم هذا الفصل نظرة شاملة عن طرق شحن البطاريات، حيث يعرف أولاً بمفهوم النسبة C ثم ينتقل ليشرح أهم خصائص الشواحن وأنواعها، بعدها سنتطرق للحديث عن شحن بطاريات LA وبطاريات النيكل وبطاريات الليثيوم، وبعد ذلك سنتحدث عن الشحن عند درجات حرارة متفاوتة، وسنتحدث عن رقاقات الشحن وعن تقنيات الشحن باستخدام منفذ USB، ثم الشحن مع مصدر قدرة آخر، وسنتطرق بشكل مبسط لطريقة الشحن اللاسلكية، ثم سنضع جدولاً لمواعيد الشحن.

١,٤ ماهي النسبة C (What's the C-Rate):

في العام ١٧٠٠م، قام العالم تشارلز-أوغستين-دي كولمب بوضع قاعدة تقول: "هي بطارية تستقبل تيار شحن قيمته 1A أي 1C يتم شحنه كل ثانية" أي في عشر ثواني فإن ١٠ كولمب تمر في البطارية وهكذا.

عند التفريغ، يتم عكس العملية واليوم فإن مصنعي البطاريات يستخدمون النسبة C لقياس تيار لشحن وتفريغ البطارية.

معظم البطاريات المحمولة تقدر بـ 1C، وهذا يعني أن بطارية 1000mAh والتي يتم تفريغها عند نسبة 1C يجب عليها أن تزودنا بتيار 1000mA تحت الشروط المثالية. نفس البطارية إذا تم تفريغها عند نسبة 0.5C يجب أن تقدم تيار قيمته 500mA لساعتين.

عند النسبة 2C فإن بطارية 1000mAh يجب عليها تسليم 2000mAh لنصف ساعة.

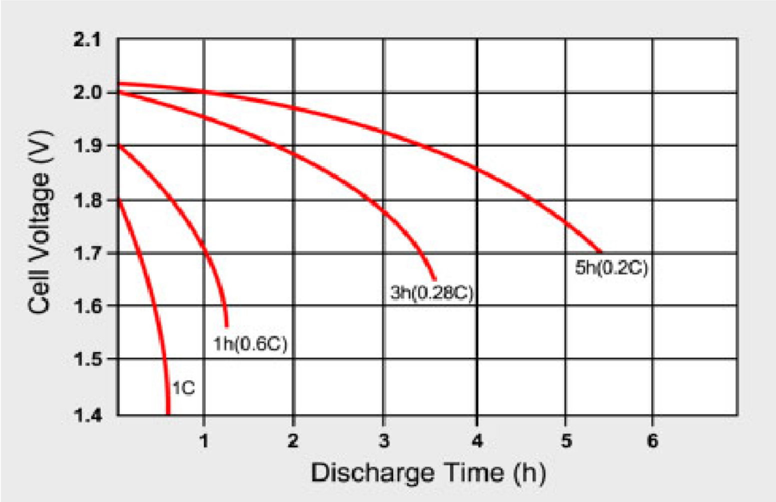
النسبة 1C تعرف أيضاً بتفريغ قدره ساعة واحدة. النسبة 0.5C هي تفريغ قدره ساعتين 2C هي تفريغ قدره نصف ساعة تفريغ. إن سعة البطارية أو كمية الطاقة التي تحملها البطارية، يمكن قياسها بجهاز تحليل البطاريات، حيث يقوم هذا الجهاز بتفريغ البطارية عند تيار محدد بينما يقوم بقياس الزمن الذي تأخذه البطارية للوصول إلى جهد التفريغ.

والجهاز يقوم بعرض النتيجة بنسبة مئوية وبمعدلات اسمية.

حيث يمكنه إظهار نسبة 100% عند فحص بطارية سعتها 100mAh وإذا استمر التفريغ لـ ٣٠ دقيقة قبل الوصول إلى نهاية فرق جهد التفريغ فإن البطارية يكون لديها سعة قدرها 50%. وللحصول على قراءة سعة جيدة نسبياً يقوم مصنعو البطاريات بشكل عام بتقدير بطاريات حمض-رصاص عند 0.05C أو ٢٠ ساعة تفريغ.

حتى عند نسبة التفريغ البطيئة هذه فإنه من النادر الحصول على سعة كاملة 100%.

الشكل ١,٤ يشرح أزمنة تفريغ بطارية حمض-رصاص عند أحمال متفاوتة ويتم التعبير عنها بالنسبة C.



الشكل ١,٤ يبين منحنيات التفريغ النموذجية لبطارية حمض–رصاص كتابع للنسبة C.

البطاريات الأصغر تقدر عند نسبة تفريغ 1C. وبسبب السلوك السيء تقدر بطارية حمض–رصاص عند نسبة تفريغ 0.2C(5h) و 0.05C(20h).

بما أن بطاريات النيكل والحمض يمكن تفريغها عند نسبة مرتفعة، فإن دارة الأمان تمنع الليثيوم أيون ذو مهبط الكوبالت من التفريغ فوق نسبة 1C. والمنغنيز الفوسفات يمكنهم تحمل نسب تفريغ تصل لـ 10C وبالتالي عتبة تيار يمكن ضبطها بشكل أعلى وفقاً لذلك.

٢,٤ كل شيء عن الشواحن (Everything about Chargers):

إن أداء وطول الخدمة للبطاريات القابلة للشحن هو مجال طويل محكوم بنوعية الشاحن.

بسبب الأسعار العالمية المرتفعة، فإن شواحن البطاريات تعطى عادة أولوية منخفضة وخصوصاً فيما يخص منتجات المستهلك، إن اختيار شاحن نوعي له اعتبارات مهمة، وذلك باعتبار كلفة استبدال البطارية والحرمان من الأداء الجيد لها. هناك نوعين مختلفين من الشواحن: الشواحن الشخصية والشواحن السريعة، تستخدم الشواحن السطحية من أجل الهواتف الخلوية، الأجهزة المحمولة، الطاولات أو الكاميرات الرقمية، حيث تأتي هذه الشواحن مع التجهيزات الشخصية التي تعمل ببطاريات الشحن، والشواحن يتم تصنيعها لنوع واحد من البطاريات وسعرها اقتصادي، وتؤدي بشكل جيد عند استخدامها في التطبيقات المقصودة.

إن الشاحن السريع يخدم الموظفين في بيئة الفريق، وعادة ما تملك هذه الشواحن عدة مقابس، إن مصنع التجهيزة الأصلية OEM (Original Equipment Manufacturer) يقوم ببيع الشواحن وأجزاء ملحقة معه.

فبينما الـ OEM يحدد أو يعطي المتطلبات الأساسية، فإن مصنعي الملحقات عادة يقومون بتضمين ميزات خاصة مثل وظيفة التفريغ لتكييف وتحديد البطارية.

هناك العديد من الميزات الإضافية المهمة للشواحن، ومنها الحماية من تفاوت الحرارة بين الباردة جداً والحارة جداً، فتحت درجة التجمد، تقلل الشواحن أو تمنع عملية الشحن وذلك اعتماداً على نوع البطارية، وفي الدرجات العالية فإن الشاحن يعمل فقط عندما تكون درجة الحرارة في مستوى الأمان بشكل طبيعي. إن شواحن بطاريات Lead-acid المتقدمة تقدم عتبات جهد للتحكم بالحرارة.

هناك طريقتين شائعتين للشحن، وهما محدودية الجهد ومحدودية التيار (CL & VL)، وإن شواحن الرصاص والليثيوم تحدد الجهد عند عتبة ثابتة. وعند الحصول على فرق الجهد، تبدا البطارية بالإشباع ويهبط التيار أثناء استقباله الشحن المتبقي بناءً على جدوله الزمني الخاص به.

إن كشف اكتمال الشحن يحدث عن هبوط التيار إلى مستوى مناسب مصمم له.

على الجانب الآخر، فإن بطاريات النيكل تشحن بتيار متحكم به، ويسمح للجهد بأن يتقلب بحرية، وهذا يمكن مقارنته بترك وزن مع حزمة مطاطية.

إن هبوط الجهد بشكل طفيف بعد ارتفاع مستقر يشير إلى اكتمال شحن البطارية، حيث إن نظرية أو طريقة هبوط الجهد تعمل بشكل جيد في إزالة الشحن السريع وبكل حال، فإن الشاحن يجب أن يتضمن متطلبات أمان أخرى لكي يتعامل مع التشوهات أو الأمور الشاذة كالقصر الكهربائي أو عدم الاتصال بين خلايا البطارية.

معظم البطاريات والشواحن أيضاً تتضمن حساسات للحرارة من أجل إنهاء الشحن عند تخطي الحرارة مستوى الأمان.

إن درجة الحرارة ترتفع بشكل طبيعي، خصوصاً عندما تتجه بطاريات النيكل نحو حالة الشحن الكامل. وعندما تكون في وضعية "الجهوزية" يجب تبريد البطارية إلى درجة حرارة الغرفة، حيث أن ارتفاع حرارتها يسبب الإجهاد ويقصر عمر البطارية إذا تعرضت لحرارة مرتفعة بشكل مطول. حيث ينصح بعدم ترك بطاريات النيكل لأكثر من عدة أيام في الشحن.

يجب الحفاظ على بطاريات الليثيوم من الحرارة أثناء الشحن، وإذا حصل ذلك فإن البطارية أو الشاحن سيفشل.

إن بطاريات الليثيوم لا تطبق شحن مقطر حيث يتم فصل البطارية كهربائياً عند تمام الشحن، وإذا تركت البطارية أو مجموعتها في الشاحن لعدة أسابيع، فإن إعادة شحن سوف تحدث مسببة هبوط جهد الدارة المفتوحة تحت مستوى العتبة. حيث أنه من غير المهم إزالة بطارية الليثيوم–أيون من الشاحن عند تمام الشحن، على أية حال، إذا لم تستخدم البطارية لأسبوع أو أكثر، فمن الواجب إزالتها وإعادة شحنها ثانية قبل الاستخدام.

يقدم شاحن الجوال استطاعة بحدود 2Watt عند الشحن، بينما الحاسب المحمول يتطلب تقريباً 100W عند الشحن، حيث إن تيار الجهوزية أو تيار الشحن يجب أن يكون منخفضاً ودرجة الطاقة للجوال بحدود 30mW أو أقل بـ5 درجات من أجل كفاءة أعلى، حيث إن الدرجة الرابعة بحدود 30-150mW والثالثة بحدود 150-250mW والثانية بحدود 250-350mW. إن المعدل الصناعي هو 300mW في حالة عدم التحميل، وهذا يأخذ نقطة "نجمة" واحدة، والأعلى من 500mW لا يحصل على أية نقطة.

إن الاستطاعة الاحتياطية المنخفضة ممكنة للشواحن الصغيرة مثل شواحن الجولات والتي غالباً ما تقوم على خاصية "ركب وشغل".

١,٢,٤ بعض الإرشادات عند شراء شاحن بطاريات:

- استخدام الشاحن الصحيح من أجل كيميائية البطارية، فمعظم الشواحن تخدّم كيميائية واحدة فقط.
- إن جهد البطارية يجب أن يتوافق مع الشاحن، لذا يجب عدم القيام بالشحن في حال الاختلاف.
- بدون التطرق للسبب، فإن معدل Ah للبطارية يمكن أن يكون أعلى أو أقل من المحدد. حيث البطاريات الكبيرة تحتاج مدة أطول للشحن مقارنة مع الأصغر منها والعكس صحيح.
- إن الأمبير الأعلى للشاحن، يأخذ الزمن الاقل للشحن، فهناك محدوديات فيما يتعلق بقدرة البطارية على الشحن السريع.
- إن الشحن الدقيق والشحن المقطر الصحيحان يزيدان من عمر البطارية.
- عند إشباع البطارية بالكامل، فإن شاحن حمض–رصاص يجب تبديله إلى فولطية أقل، وشواحن النيكل يجب أن تملك شحن مقطر لـ NiMH، شواحن الليثيوم لا تقدم شحناً مقطراً.
- الشواحن يجب أن تمتلك تجاوزاً للحرارة من أجل إنهاء الشحن عند عجز البطارية.
- أثناء ملاحظة الحرارة للشاحن والبطارية، لوحظ أن بطاريات حمض–رصاص تبقى معتدلة الحرارة أثناء الشحن، بطاريات النيكل ترتفع حرارتها مع ازدياد الشحن، حيث يجب تبريدها بعد الشحن، بطاريات الليثيوم يجب أن تبقى باردة نسبياً أثناء الشحن.

٢,٢,٤ الشاحن البطيء Slow Charger:

يعرف أيضاً بـ "الشاحن الليلي"، والشاحن البطيء يعود إلى أيام الـ NiCd القديمة، حيث يطبق شحن ثابت بحدود 0.1C (عشر السعة المقدرة) طالما أن البطارية موصولة.

الشواحن البطيئة بسيطة جداً، ولا تمتلك كاشف اكتمال الشحن، تيار الشحن دائماً مشغول وزمن الشحن للبطارية يبلغ 14h من أجل اكتمال الشحن، حيث إن الشاحن البطيء يبقي بطاريات النيكل في حالة دافئة.

إن بعض الزيادة في الشحن مقبولة لحد ما وهنا البطارية لا تحتاج لإزالتها فوراً عند جهوزيتها. بكل الأحوال، مجموعة البطاريات يجب ألا تبقى في الشحن لأكثر من يوم أو يومين وذلك بسبب تشكل "الذاكرة" أو المعروفة باسم "التشكل البلوري".

تبرز مشكلة أخرى عن شحن البطارية في مستويات mAh منخفضة أكثر من المستويات المحددة أو المخصصة، وعلى الرغم من أن الشاحن البطيء سيقوم بشحن البطارية بشكل طبيعي أولاً، إلا أن التيار الأعلى من النسبة 0.1C لمثل هذه البطاريات الصغيرة سيسبب زيادة في سخونتها وتتجه بالتالي نحو حالة الشحن الكامل، وذلك كونه لا توجد حماية عند انخفاض التيار أو عند انتهاء الشحن، كما أن الحرارة الكبيرة سوف تسبب قصر عمر البطارية أو المجموعة.

يجب دوماً ملاحظة درجة الحرارة للبطارية أثناء الشحن ويجب إزالتها عند دفء ملمسها. حيث أن معظم الشواحن البطيئة لا تملك مؤشرات على اكتمال الشحن.

بالنسبة لحالة الشاحن البطيء مع البطاريات الضخمة فهي حالة معكوسة، حيث لا يمكن الوصول أبداً إلى حالة اكتمال الشحن، وتبقى درجة الحرارة باردة، ويسوء الأداء كثيراً.

توجد الشواحن البطيئة في الهواتف اللاسلكية، فراشي الأسنان الكهربائية، و ألعاب الأطفال.

٣,٢,٤ الشواحن المتوسطة السرعة Rapid Chargers:

يقع تصنيفها بين الشواحن البطيئة والسريعة، وتخدّم بطاريات النيكل والليثيوم، وما لم يخصص التصميم لها فإن هذه الشواحن لا تستطيع خدمة كيميائيات الليثيوم والنيكل على نفس الأرضية فهي تحتاج إلى أرضية خاصة مصممة لها.

إن الشوان المستمرة تستخدم غالباً وبشكل عام لمنتجات المستهلك، وزمن الشحن للمجموعة الفارغة يتراوح بين ٣-٦ ساعات ومعظم الشواحن السريعة تتضمن حماية حرارية للتأمين من الفشل الكيميائي والكهربائي، هذه الميزة تقدم خدمة محسنة زيادة عن الشواحن البطيئة، وبهذا تؤدي البطاريات بشكل أفضل، على الرغم من أن كلفة بنائها مرتفعة، فإن الإنتاج الضخم لها يجعل سعرها متوسطاً ومقبولاً بشكل عام.

٤,٢,٤ الشواحن السريعة Fast Charger:

تقدم هذه الشواحن العديد من المزايا والفوائد وأفضل هذه المزايا هي تقصير زمن الشحن. فالحاجة إلى منبع قدرة ضخم ودارات تحكم معقدة أكثر يجعل الشواحن السريعة أكثر الشواحن ملائمة للاستخدام التجاري كالمجال الطبي، العسكري، الاتصالات وأدوات القدرة.

إن أزمنة الشحن الأسرع تتطلب اتصالات أكثر قوة بين الشاحن والبطارية. عند نسبة شحن 1C، والتي تستخدمها الشواحن السريعة بشكل نموذجي فإن شحن الـ NiMH و الـ NiCd الفارغة يتطلب أقل من ساعة واحدة.

إن بعض شواحن النيكل تقلل من تيار الشحن وذلك لتحقيق مقبولية شحن أقل، وعند اكتمال شحن البطارية، فإن الشاحن يتغير نمطه إلى الشحن المقطر والذي يعرف أيضاً بـ "شحن الصيانة".

معظم الشواحن السريعة لبطاريات النيكل الـ NiMH و الـ NiCd تتضمن نفس خوارزمية الشحن لكل من النوعين، وهذا لا ينطبق على بطاريات ليثيوم أيون. إن شحن بطاريات الليثيوم أسهل من شحن الـ NiMH و الـ NiCd. والشحن لـ 70% عند نسبة 1C يتم في أقل من ساعة وزمن الاستراحة مكرس للشحن الأعظمي.

لا يمكن شحن بطاريات حمض-رصاص بسرعة، معظم شواحن حمض-رصاص تشحن في غضون ١٤ ساعة.

إن الشحن الجزئي عند النسب الأعلى يكون أفضل ويقدم شحن كامل للبطارية كل عدة أسابيع وذلك لمنع حدوث تكبرت للبطارية.

٥,٢,٤ الشواحن فائقة السرعة Ultra Fast Chargers:

إن معظم بطاريات NiCd وعدة أنواع خاصة من بطاريات ليثيوم يمكن شحنها عند نسبة تفريغ مرتفعة جداً تصل لـ 70% من حالة الشحن. عند نسبة شحن 10C أو ١٠ مرات التيار المقدر، فإن بطارية 1A نظرياً يمكن شحنها بـ دقائق ولكن هناك محدودية.

لتطبيق شحن فائق السرعة يجب مراعاة الشروط التالية:

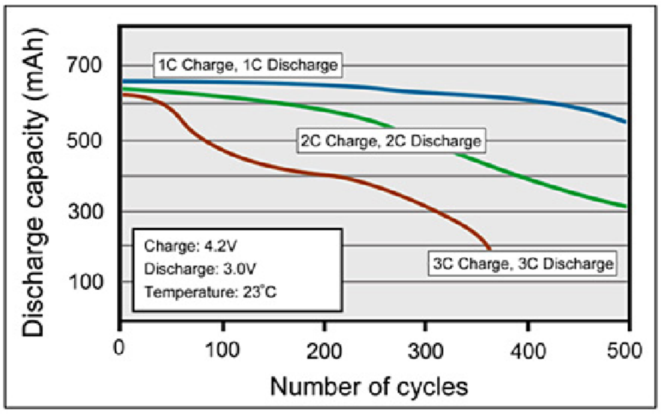
- ✓ يجب تصميم البطارية بشكل يتوافق مع حالة الشحن فائق السرعة، حيث إن نقل التيار يكون محدوداً في العديد من مجموعات البطاريات الأخرى.
- ✓ يمكن تطبيق الشحن فائق السرعة فقط خلال طور الشحن الأول، حيث يجب خفض تيار الشحن عند الوصول إلى عتبة تيار الشحن.
- ✓ جميع الخلايا في المجموعة يجب أن تكون متوازنة وفي حالة جيدة، فالبطاريات القديمة ذات المقاومة الداخلية الأعلى يوف تشحن بسرعة، وهي غير مناسبة لهكذا شحن.
- ✓ الشحن فائق السرعة لا يمكن إنجازه إلا في درجات حرارة معتدلة، فالدرجات المنخفضة تبطئ من التفاعل الكيميائي، والطاقة التي لا يمكن امتصاصها تسبب تسمماً بالغاز وتسخيناً في بنية البطارية.
- ✓ الشاحن يجب أن يتضمن حماية حرارية ووسائل حماية أخرى لإيقاف الشحن عند تعرض البطارية لإجهاد ما.
- ✓ عدم التقيد بهذه الشروط يسبب تشوهاً مستمراً في كيميائية البطارية وبالتالي خطر الحريق.

الشكل ٢,٤ يقارن حياة دورة بطارية ليثيوم أيون عند شحنها وتفريغها بنسبة 1C، 2C، 3C.

إن دورة شحن وتفريغ النسبة 1C تسبب هبوط السعة من 650mAh إلى 550mAh بعد ٥٠٠ دورة وهذا ينعكس بنقصان السعة إلى نسبة 84%.

النسبة 2C من هبوط السعة إلى 310mAh، وتمثل نقصاناً قدره 47%.

النسبة 3C تسبب فشل البطارية بعد 360 دورة فقط ومع سعة قدرها 26%.



الشكل ٢,٤ يبين أداء دورة العمل لبطارية ليثيوم أيون عند نسب تفريغ متفاوتة.



الشكل ٣,٤ يبين شاحن فائق السرعة.

٦,٢,٤ بعض الإرشادات البسيطة للشواحن:

- يجب إيقاف تشغيل التجهيزة المحمولة أثناء الشحن، فالحمل الطفيلي "المتبقي" يعطب الشاحن.
- يجب الشحن عند نسبة C معتدلة إن أمكن. فالشحن السريع جداً يسبب إجهاداً قوياً جداً.
- الشحن السريع والشحن فائق السرعة يحدثان شحن جزئي للبطارية فقط. والشحن القممي الأعظمي الأبطء يكمل عملية الشحن.
- يجب عدم القيام بالشحن السريع والشحن فائق السرعة للبطارية في الجو البارد أو الحار، إنما فقط في الحرارة المعتدلة.
- يجب عدم القيام بالشحن السريع والشحن فائق السرعة من أجل بطارية منخفضة الأداء. يوجد القليل من الشواحن القادرة على تقييم ظروف البطارية واختيار الشحن الملائم وفقاً لذلك.

النوع	الكيميائية	النسبة C	الزمن	الحرارة	انتهاء الشحن
الشواحن البطيئة	NiCd Lead-Acid	0.1C	14 ساعة	0ºC-45ºC	شحن منخفض مستمر أو مؤقت ثابت، خاضعة لزيادة الشحن، يجب إزالة البطارية بعد شحنها
الشواحن المتوسطة السرعة	NiCd، NiMH Li-ion	0.3-0.5C	٣-٦ ساعات	0ºC-45ºC	تتحسس البطارية للتيار، الجهد، الحرارة، مؤقت فترة الاستراحة.
الشواحن السريعة	NiCd، NiMH Li-ion	1C	ساعة أو أكثر	0ºC-45ºC	نفس المتوسطة مع خدمة أسرع.
الشواحن فائقة السرعة	NiCd، NiMH Li-ion	1-10C	١٠-٦٠ دقيقة	0ºC-45ºC	تطبق حالة شحن بحدود 70%، محددة للبطاريات الخاصة.

٣,٤ شحن بطاريات حمض–رصاص (Charging Lead-acid Batteries):

إن عملية شحن بطاريات حمض–رصاص تستخدم فولطية أساسها خوارزمية مشابهة لخوارزمية شحن بطاريات الليثيوم.

إن زمن الشحن لبطاريات Lead-acid المغلقة يبلغ من 12h-16h ويرتفع من 36h-48h للبطاريات الثابتة الأكبر.

مع وجود تيارات شحن أعلى وطرق شحن متعددة المراحل، فإنه يمكن تقليل زمن الشحن إلى ١٠ ساعات أو أقل. بكل الأحوال، الشحن الكامل لا يمكن تحقيقه، فبطاريات الحمض–رصاص بطيئة ولا يمكن شحنها بالسرعة نفسها المتبعة مع أنظمة البطاريات الأخرى.

إن شحن بطاريات حمض–رصاص يجب أن يتم في ٣ مراحل هي بالترتيب:

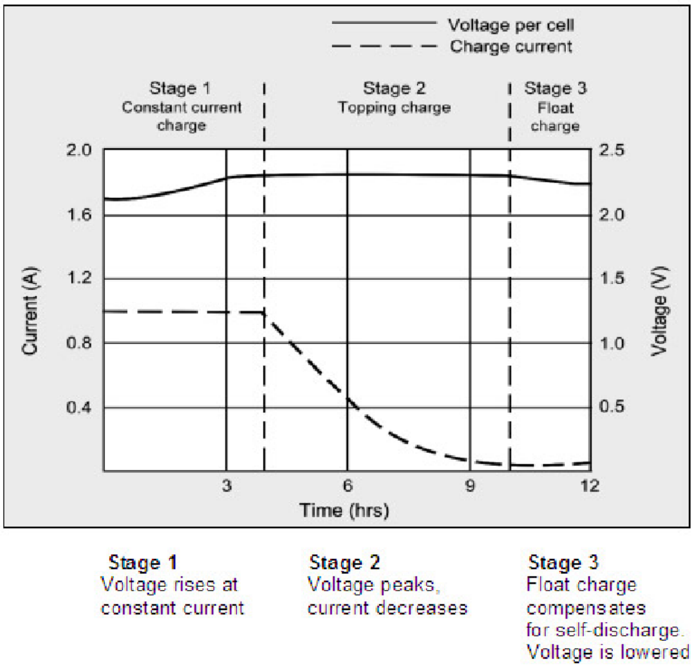
١. الشحن بتيار ثابت.
٢. الشحن الأعظمي "القممي".
٣. الشحن المتقلب.

يتم تطبيق المرحلة الأولى لمعظم الشحن وتأخذ تقريباً نصف زمن الشحن المطلوب.

المرحلة الثانية تستمر عند تيار شحن أقل حتى تصل للإشباع.

المرحلة الثالثة يتم تعويض الخسارة الناتجة عن التفريغ الذاتي.

الشكل ٤,٤ يشرح هذه المراحل.



الشكل ٤,٤: مراحل شحن بطارية حمض–رصاص.

تصل البطارية لكامل الشحن عند هبوط التيار لمستويات مرحلة الشحن الثانية.

الجهد المتقلب العائم يجب تقليله عند الشحن الكامل.

خلال عملية الشحن بتيار مستمر، تشحن البطارية لـ 70% خلال 5-8h والـ 30% المتبقية يتم ملؤها بشحن أعظمي أقل والذي بدوره يستمر لـ 7-10h، إن عملية الشحن القممي الأعظمي للبطارية هي عملية مهمة جداً وضرورية من أجل بدء عمل جيد للبطارية. أما الشحن المتقلب "العائم" في المرحلة الثالثة يصون البطارية عند الشحن الكامل.

التبديل من المرحلة ١ إلى ٢ يحصل بشكل مستمر ويحدث عندما تصل البطارية إلى حدود الجهد المضبوط.

التيار يبدأ بالهبوط مع بدء البطارية بالدخول في حالة الإشباع، ونحصل على شحن كامل عندما يتناقص التيار إلى مستوى 3% من الشحن المقدر.

البطارية ذات التسريب العالي ربما لا تحقق أبداً تيار الإشباع المتدني هذا.

إن الإعدادات الصحيحة لجهد الشحن تكون حرجة وبمجال من 2.30-2.45V/cell، وإن ضبط عتبة الجهد يكون عند حد وسطي، وهذا ما يطلق عليه خبراء البطاريات بمعيار "الرقص على رأس الإبرة".

فعلى أحد الجوانب، البطارية تحتاج لعملية الشحن الكامل من أجل الحصول على سعة عظمى وللتغلب على التكبرت الحاصل في الطبقة السالبة. وعلى الجانب الآخر، فإن حالة الإشباع الفائق تسبب التآكل الشبكي على الطبقة الموجبة ويسبب تحرراً للغازات.

الجدول ٢,٤ يقارن المزايا والفوائد لعدة ترتيبات لجهد الذروة.

	2.30V to 2.35V/cell	2.40V to 2.45V/cell
المزايا	• حياة خدمة أعظمي. • البطارية تبقى باردة. • درجة حرارة الشحن يمكنها تجاوز 30ºC.	• أزمنة شحن أسرع. • قراءات سعة أكثر تفصيلاً وارتفاعاً. • أقل تكبرتاً.
السيئات	• زمن شحن أبطئ. • قراءات السعة قد تكون غير مفصلة وتتناقص مع كل دورة. • التكبرت قد يحدث بدون حدوث شحن متساوي	• تخضع للتآكل والتسمم. • تحتاج لتزويد بالماء بشكل ثابت. • غير مناسبة للشحن عند ارتفاع حرارة الغرفة. • تسبب زيادة شحن حادة.

الجدول ٢,٤: تأثيرات جهد الشحن على بطارية حمض–رصاص صغيرة (SLA).

إن خلايا LA الأسطوانية لديها إعدادات جهد أعلى من بطاريات الـ VRLA وبطاريات البدء.

عند الشحن الكامل لبطاريات LA بعد وصولها للتشبع، فإن البطارية يجب ألا تتوقف عند جهد القمة لأكثر من ٤٨ ساعة ويجب تخفيضها إلى مستوى الجهد المتقلب العائم، وهذه حالة حرجة وخصوصاً للأنظمة المغلقة لأن هذه الأنظمة أقل قدرة على تحمل الشحن الزائد مقارنة مع النمط السائل.

إن الجهد المتقلب المرغوب به لمعظم بطاريات LA ذات الضغط المنخفض يتراوح بين 2.25V-2.27V لكل خلية.

يجب ملاحظة أمر مهم ففي حال بقي الشاحن على وضعية الشحن الأعظمي ولم يهبط الجهد تحت الـ 2.30V/cell عندها يجب إزالة الشاحن بعد ٤٨ ساعة من الشحن، إن الشحن المتموج المفروض على الجهد في البطاريات الثابتة الضخمة أيضاً يسبب مشكلة، فذروة الجهد تسبب زيادة في الجهد، وبالتالي تطور في حالة تسرب غاز الهيدروجين.

يقوم المصنعون بتحديد التموج بشكل نموذجي بـ 5% أو 5A لكل بطارية 100Ah، فمعظم البطاريات الثابتة يتم الحفاظ عليها عند جهد متقلب، ومن أجل لإنقاص الإجهاد عليها وهذا ما يسمى "الشحن المتخلف" حيث يقوم بفصل التيار المتقلب عند امتلاء البطارية.

بما أن الجهد النهائي يهبط بسبب التفريغ الذاتي، فإن الشحن الأعظمي يعيد ملئ الطاقة الضائعة بشكل اعتيادي.

يجب دائماً تخزين الـ 1A في حالة الشحن. والشحن الأعظمي يجب تطبيقه كل ٦ أشهر لمنع الجهد من الهبوط تحت 2.10V/cell لأن هذا الجهد يسبب التكبرت ولكن مع بطاريات AGM يمكن الاستغناء عن هذه المتطلبات.

قياس جهد الدارة المفتوحة، فالبطارية الباردة تقلل من الجهد بشك طفيف والبطارية الدافئة تزيده.

إن استخدام DVC لتخمين حالة الشحن تعمل بشكل أفضل عند إراحة البطارية لعدة ساعات، لأن الشحن أو التفريغ يهيج البطارية ويحرف الجهد.

التشريب بالماء "الإرواء" Watering:

إن إضافة الماء هو الخطوة الوحيدة الأكثر أهمية في صيانة بطاريات 1A السائلة، يجب دائماً التحقق من البطارية الجديدة كل بضعة أسابيع لتحديد متطلبات إضافة الماء، وهذا يمنع الالكترود من الفشل تحت الطبقات.

١,٣,٤ إرشادات بسيطة لشحن بطاريات LA:

- يجب القيام بالشحن في منطقة ذات تهوية جيدة وإلا فإن غاز الهيدروجين المتولد خلال الشحن سينفجر.
- يجب اختيار برنامج شحن ملائم للبطارية السائلة، الهلامية وبطارية AGM، ويجب التحقق من محددات المصنعين لعتبات الجهد المطلوبة.
- يجب شحن الـ LA بعد كل استخدام لمنع حصول التكبرت، ولا يجب تخزينها عند شحن منخفض.

- إن الطبقات أو الصفائح في البطاريات السائلة يجب دائماً دمجها في الالكترود. كما يجب ملئ البطارية بماء مقطر أو غير مؤين لتغطية الطبقات في حال انخفاضها، حيث إن ماء الحنفية يمكن تقبله في بعض المناطق، ولكن يجب الانتباه إلى عدم القيام بإضافة الكترود من تلقاء أنفسنا.
- يجب ملئ الماء إلى المستوى المصمم له بعد الشحن، حيث إن زيادة تعبئة الماء عندما تكون البطارية فارغة يمكن أن يسبب انسكاب الحمض لخارج البطارية.
- تشكل فقاعات الغاز في بطاريات LA السائلة يشير إلى أن البطارية وصلت إلى حالة الشحن (الهيدروجين على الطبقة (−) والأوكسجين على الطبقة (+)).
- يجب تقليل الشحن المتقلب أو العائم إذا كانت حرارة البطارية الطبيعية أعلى من 29ºC.
- لا يجب السماح بتجمد البطارية، فالبطارية الفارغة تتجمد بشكل أقرب من المشحونة كلياً، ولا يجب أبداً القيام بشحن بطارية متجلدة.
- يجب عدم القيام بالشحن فوق حرارة 49ºC.

٤,٤ شحن بطاريات النيكل (Charging Nickel Batteries):

يوصي مصنعي البطاريات بشحن البطاريات من ١٦ إلى ٢٤ ساعة قبل استخدامها. لأن هذا الشحن يسمح بتوزيع متساوي للشحن على جميع الخلايا في حزمة البطارية. وهذه العملية مهمة جداً لأن لكل خلية في بطارية النيكل نسبة تفريغ ذاتي خاص بها. علاوة على ذلك، أثناء التخزين الطويل يميل الالكترود للانجذاب نحو قاع الخلية والشحن المقطر البدائي يساعد على إعادة توزيع الالكترودات لإزالة البقع الجافة على الفاصل.

إن منتجي البطاريات لا يقومون بتهيئة البطاريات بشكل كامل قبل الشحن. تصل الخلايا إلى الأداء المثالي بعد تهيئتها والتي تتضمن عدة دورات شحن/تفريغ. وهذا جزء من الاستخدام العادي ويمكن إنجازه أيضاً بمحلل البطاريات. إن القراءات المبكرة تكون متناقضة في الأغلب والبطارية ربما تتطلب من ٥٠−١٠٠ دورة شحن/تفريغ للوصول إلى أفضل تشكيل. البطاريات الممتازة معروفة بتأديتها للمواصفات الكاملة بعد ٥−٧ دورات. إن ذروة السعة تقع بين ١٠٠− ٣٠٠ دورة، وبعدها يبدأ الأداء بالهبوط بشكل تدريجي.

معظم الخلايا القابلة للشحن لديها منفس أمان والذي يحرر الضغط الفائض في حالة حدوث خطأ في الشحن. وهذا المنفس في بطاريات النيكل يفتح عند ضغط 150-200 psi. إن تحرير الضغط يتم عبر منفس قابل لإعادة الإغلاق وهو لا يسبب أية أضرار، على أية حال، في كل عملية تنفيس، بضع الالكترودات تبدأ بالتطاير والسدادة تبدأ بالتسريب. إذاً يجب ألا يتم إجهاد البطارية إلى حد نقطة التنفيس.

١,٤,٤ اكتشاف الشحن الكامل عن طريق الشحن الكامل:

إن اكتشاف الشحن الكامل لبطاريات النيكل أكثر تعقيداً من اكتشافه لبطاريات الليثيوم وبطاريات Lead-acid. تستعمل الشواحن الرخيصة في الغالب مبدأ التحسس لدرجة الحرارة من أجل إنهاء الشحن السريع، ولكن هذه العملية

قد نكون غير دقيقة. فنواة الخلية تكون أدفأ بعدة مرات من سطحها الخارجي حيث يتم قياس حرارتها، وهذا التأخير الحاصل يسبب زيادة في الشحن. إن مصنعي الشواحن يستخدمون الدرجة المئوية 50ºC كفرق درجة حرارة. بالرغم من أن أي درجة حرارة مطولة فوق الـ 45ºC تكون مؤذية للبطارية، فإن زيادة الاندفاع الحراري السريع يعد مقبولاً طالما أن درجة الحرارة ستنخفض بشكل سريع عند إضاءة زر "الجهوزية".

مع استخدام المتحكمات المصغرة، فإن الشواحن المتقدمة لن تبقى تعتمد على عتبة درجة الحرارة المثبتة، بل ستقوم بتحسس زيادة درجة الحرارة مع مرور الوقت. حيث تعرف أيضاً بالعلاقة dT/dt. بدلاً من انتظار الحصول على درجة الحرارة المطلق، زيادة درجة الحرارة بشكل سريع نحو إنهاء الشحن من أجل إشعال لمبة الجهوزية. إن العلاقة السابقة تبقي البطارية أبرد من طريقة فرق الحرارة الثابت، لكن الخلايا تحتاج إلى شحن سريع إلى حد معقول من أجل التسبب بارتفاع درجة الحرارة. إن إنهاء عملية الشحن تتم عندما تزداد درجة الحرارة بمقدار 1ºC في كل دقيقة. إذا لم تستطع البطارية تحقيق ارتفاع الحرارة هذا، فإن فرق درجة الحرارة المطلقة يتم ضبطه على الدرجة 60 ºC من أجل إنهاء عملية الشحن.

تعتمد الشواحن على درجة الحرارة التي تسبب زيادة شحن ضارة عندما يتم إزالة البطارية المشحونة بشكل كامل وإعادة إدخالها من جديد. وهذه الحالة تحدث في الشواحن الموجودة في العربات والمحطات المكتبية. إن كل إعادة اتصال تبدأ مع دورة شحن سريعة والتي ترفع درجة حرارة البطارية إلى نقطة القدح مجدداً. لبطاريات الليثيوم أفضلية في أن عملية اكتشاف الشحن الكامل تتم عن طريق الجهد. إن إعادة إدخال بطارية الليثيوم يدفع الجهد إلى عتبة الشحن الكامل، ويتم إطفاء الشاحن بعد زمن قليل دون الحاجة إلى خلق توقيع أو إمضاء حراري.

٢,٤,٤ اكتشاف الشحن الكامل عن طريق ومضة الجهد:

إن الشواحن المتقدمة تقوم بإنهاء الشحن عند حدوث ومضة جهد مميزة. وهذا يقدم اكتشاف شحن كامل أكثر دقة لبطاريات النيكل من الاعتماد على طرق درجة الحرارة، مراقبة الوقت والفولطية، إن المتحكم الموجود في الشاحن يبحث عن هبوط الجهد الذي يحدث عند الوصول للشحن الكامل. وهذه الطريقة تسمى NDV.

توفر هذه الطريقة زمن استجابة سريع وتعمل بشكل جيد مع البطاريات المشحونة كلياً أو جزئياً، عند إدخال بطارية مشحونة بشكل كامل، ترتفع الفولطية الطرفية بشكل سريع، ثم ينخفض بشكل حاد ليطلق حالة الجهوزية. الشحن في هذه الحالة يبقى لعدة دقائق فقط والخلايا تبقى باردة. إن شواحن الـ NiCd المبنية على أساس NDV لاكتشاف الشحن الكامل تستجيب نموذجياً لهبوط جهد قدره 10mV لكل خلية.

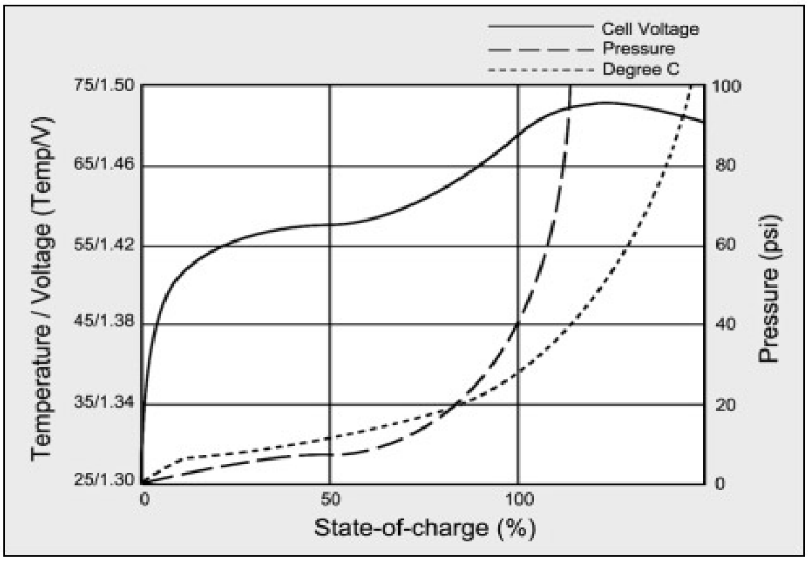
للحصول على هبوط الجهد السابق، فإن نسبة الشحن يجب أن تكون 0.5C أو أعلى. إن الشحن الأبطئ ينتج هبوط أقل تمييزاً وأصعب في القياس، خصوصاً إذا كانت الخلايا غير متوائمة. في هذه الحالة، كل خلية في المجموعة غير المتوائمة تصل لحالة الشحن الكامل في أزمنة مختلفة ومنحني الجهد يتسطح خارجاً.

إن الفشل في إنجاز ميل سلبي كافي يسمح للشحن السريع بالاستمرار. لمنع حصول هذا، معظم الشواحن تدمج الـ NDV مع كاشف سطح الجهد المستوي والذي ينهي الشحن عنما يبقى الجهد في حالة ثابتة لوقت يتم إعطائه. لمزيد من الأمان، معظم الشواحن المتقدمة تتضمن تغير في درجة الحرارة dT، درجة الحرارة المطلقة ومؤقت فترة الاستراحة.

تعمل الـ NDV بشكل أفضل مع الشحن السريع. إن الشحن السريع يحسن أيضاً من كفاءة الشحن. عند نسبة شحن 1C، فإن كفاءة الشحن لشاحن NiCd تبلغ 91%، وزمن الشحن بحدود ساعة (٦٦ دقيقة عند كفاءة شحن مفترضة من ٩١%). البطارية التي تشحن جزئياً أو التي تخفض سعتها بسبب نقصان عمرها سيكون لديها زمن شحن أقصر لأنه أقل من مستوى الشحن خلال الكلي. بالمقارنة، فإن الكفاءة للشاحن البطيء تنخفض إلى 71%. عند نسبة شحن 0.1C، زمن الشحن يكون بحدود ١٤ ساعة.

خلال الـ 70% الأولى من الشحن، فإن كفاءة الشحن لـ NiCd تقترب من النسبة 100%، حيث تمتص البطارية تقريباً كل الطاقة والمجموعة تبقى باردة. بطاريات NiCd المصممة من أجل الشحن السريع يمكن شحنها بتيارات تبلغ عدة نسب C وبدون ارتفاع حرارة كبير. الشواحن فائقة السرعة تستخدم هذه النوعية وتصل لشحن بحدود 70% خلال عدة دقائق. إن الشحن الكامل يجب إنجازه مع تيار مقنن.

الشكل ٥,٤ يشرح العلاقة بين جهد وضغط الخلية وبين درجة حرارة الشحن لـ NiCd. نلاحظ أن سلوك الشحن المثالي تقريباً تبلغ 70%، بعد ذلك تفقد البطارية قدرتها على تقبل الشحن. حيث تبدأ الخلايا بتوليد الغازات، يرتفع الضغط وتزداد الحرارة بسرعة. في محاولة لكسب بعض نقاط السعة الإضافية، بكل البضع الأحوال، بعض الشواحن تسمح بكمية محدودة من زيادة الشحن.



الشكل ٥,٤: يبين خصائص الشحن لخلايا NiCd.

إن بطاريات NiCd ذات السعة العالية جداً تميل إلى التأثر بالحرارة أكثر من بطاريات NiCd القياسية عند نسبة 1C وأعلى، وهذا يعود جزئياً إلى المقاومة النوعية العالية. إن تطبيق تيار عالي عند بداية الشحن ومن ثم تضاؤله إلى

نسبة أخفض فإن قابلية للشحن تنقص احتمال الحصول على نتائج جيدة مع جميع بطاريات النيكل. هذا يعدل ارتفاع درجة الحرارة الفائضة بينما يتم ضمان الشحن الكامل للبطارية

إن تبعثر نبضات التفريغ بين نبضات الشحن هو عملية معروفة لتحسين تقبل الشحن في بطاريات النيكل. وهذه العملية تعرف بشحن "الحمل العكسي"، تساعد هذه الطريقة في إعادة اتحاد الغازات المتولدة خلال الشحن. والنتيجة شحن أبرد و أكثر كفاءة من شواحن الـ DC التقليدية.

بعد اكتمال الشحن، تستقبل بطاريات النيكل كادميوم شحن مقطر بين 0.05C و 0.1C وذلك للتعويض عن التفريغ الذاتي. لتقليل زيادة الشحن المحتملة، يميل مصممو الشواحن إلى تقليل تيار الشحن المقطر. بالرغم من أن الشحن المقطر يقاس بعناية، فمن الأفضل عدم ترك بطاريات النيكل في الشاحن لأكثر من بضعة أيام. حيث تزال البطاريات ويتم إعادة شحنها قبل استعمالها.

شحن بطاريات NiCd السائلة:

يتم شحن هذه البطاريات بجهد شحن بحدود 1.55V/Cell. بعد ذلك يتم إنقاص التيار إلى النسبة 0.1C ويستمر الشحن حتى الوصول إلى القيمة 1.55V/Cell. عند هذه النقطة، يتم تطبيق الشحن المقطر ويسمح الجهد بالعوم بحرية. إن فولطيات الشحن الأعلى لكن ذلك يولد غازات فائضة ويسبب نضوب ماء سريع.

شحن بطاريات هدريد النيكل المعدني:

إن خوارزمية شحن بطاريات NiMH مشابهة لبطارية NiCd ولكن مع تعقيد أكثر، إن طريقة لقياس اكتمال الشحن تظهر فقط هبوطاً ضعيفاً في الجهد، خصوصاً أثناء شحنها بنسبة أقل من 0.5C. إن الـ NDV في بطاريات NiMH يجب أن تستجيب غلى هبوط الجهد لكل 5mV/cell. ضمان شحن موثوق، فإن شواحن NiMH يجب أن تتضمن ترشيح الكتروني لتعويض تقلبات الجهد والضجيج المتحرضة بوساطة الشاحن والبطارية. الشواحن الحديثة تحقق ذلك عن طريق دمج الـ NDV، هضبة الجهد، تغير الحرارة بالنسبة للزمن dT/dt، عتبة درجة الحرارة ومؤقتات فترة الاستراحة في خوارزمية كشف اكتمال شحن واحدة. وهذه المكونات تستعمل نمط تحديد الأفضلية الذي تحدده ظروف تشغيل البطارية. العديد من الشواحن تتطلب 30min شحن أعظمي بنسبة 0.1C لإضافة بعض نقاط نسبوية للشحن الإضافي.

بعض الشواحن المتقدمة تطبق شحن سريع بدائي بنسبة 1C. وعند الوصول إلى عتبة جهد محددة، يتم إضافة بضعة دقائق راحة، تسمح للبطارية بأن تبرد. يستمر الشحن عند تيار أقل ويتم تطبيق تيارات أخفض بشكل أكبر كلما تقدمت عملية الشحن. يستمر هذا المخطط حتى شحن البطارية بالكامل. ويعرف هذا النمط بما يسمى "شحن فرق الخطوة". وتعمل هذه الطريقة بشكل جيد من أجل بطاريات النيكل الأساسية.

إن الشواحن التي تستخدم الخطوة التفاضلية أو أي طرق الشحن الأخرى الأكثر حدية تحقق ربحاً بالسعة بحدود 6% أكثر من الشواحن الأساسية، إن هذه الزيادة لا يمكن أن تتم بدون زيادة شحن مرهقة. بالرغم من أن السعة الأعلى

تكون مرغوبة أكثر، فإن شحن البطارية إلى أعلى قيمة له تأثير سلبي على حياة البطارية. وبدلاً من إنجاز 350-400 دورة خدمة متوقعة، فإن الشحن الحاد قد يستنزف المجموعة بعد 300 دورة فقط.

لا يمكن لبطاريات NiMH أن تمتص كل زيادة في الشحن بشكل جيد كما أن الشحن المقطر يتم ضبطه على القيمة 0.05C. بالمقارنة، فإن الشحن المقطر لبطاريات NiCd الأقدم يشحن عند نسبة 0.1C.، وهي ضعف النسبة السابقة. إن الاختلافات في عملية الشحن المقطر والحاجة إلى كشف اكتمال شحن أكثر حساسية يجعل بطاريات شاحن NiCd الأصلي غير ملائم لبطاريات NiMH.إن استخدام بطارية NiMH مع شاحن NiCd يسبب ارتفاع حراري للبطارية والشاحن، ولكن استخدام بطاريات NiCd مع شواحن NiMH يؤدي عملاً جيداً لأن الشحن المقطر الأخفض يكون كافي أيضاً لل NiCd.

من الصعب أو من المستحيل، إبطاء شحن بطارية NiMH. فعند نسبة تتراوح من 0.1C إلى 0.3C، فإن تحليلات الجهد و درجة الحرارة تفشل في تمييز خصائص البطارية من أجل قياس حالة الشحن الكامل بشكل أدق، والشاحن هنا يجب أن يعتمد على مؤقت زمني. إن زيادة الشحن الضارة ستحدث إذا قام المؤقت المثبت بالتحكم بعملية الشحن. وهذا يظهر بشكل خاص عند الشحن الجزئي أو البطاريات الممتلئة الشحن.

يحدث نفس السيناريو إذا فقدت البطارية سعتها بسبب التقدم في العمر وبالتالي يمكنها فقط الاحتفاظ بنصف قيمة السعة. جوهرياً، فإن البطارية تنكمش كهربائياً إلى نصف حجمها بينما يتم برمجة المؤقت الثابت على تطبيق نسبة شحن 100% بدون الأخذ بعين الاعتبار ظروف البطارية. في معظم الحالات تسبب زيادة الشحن تسخين البطارية، ولكن هذا ليس صحيحاً في حالة شواحن ال NiMH السيئة، فهذه الأخيرة قادرة على إجراء زيادة الشحن للبطارية بدون زيادة حرارية. عند نسبة شحن منخفضة بما فيه الكفاية، فإن ال NiMH يمكن أن تبقى باردة كلياً رغم تطبيق زيادة في الشحن عليها.

إن مستخدمي البطاريات في الأغلب يستاؤون من حياة الخدمة الأقصر من المتوقع للبطاريات، ولكن ينسى معظمنا أن المشكلة قد تكون في الشاحن، فالشواحن منخفضة السعر خصوصاً معرضة لشحن خاطئ. فإذا تم استعمال شاحن فقط وأردنا تحسين أداء البطارية، فإننا نقوم بتخمين حالة شحن البطارية والسعة ونقوم بضبط زمن الشحن وفقاً لذلك. يجب إزالة البطاريات عند الشعور بامتلائها. إن كان الشاحن يقوم بالشحن عند نسبة شحن عالية، يجب القيام بعملية مسح حراري. فالحالة الفاترة تشير إلى أن البطارية ربما قد يكون تم شحنها بشكل كاف ويجب إزالتها. من الأفضل أن تتم إزالة البطاريات من الشاحن ومن ثم إعادة شحنها قبل كل استعمال بدلاً من تركها طوال الوقت في الشاحن.

يجب ملاحظة أن بعض بطاريات النيكل تسخن خلال الشحن ويعود ذلك بشكل جزئي للمقاومة الداخلية العالية. كما هي الحالة التي تكون فيها البطارية دافئة الملمس حتى لو كانت مشحونة جزئياً، فإن هناك بطاريات أخرى يمكن أن تكون مكتملة الشحن وتبقى باردة. إن شحن بطاريات ال NiMH و ال NiCd بشاحن رخيص لا يمكن أن يحقق النتائج المرجوة منه، ومن الأفضل عدم شحن البطاريات أكثر من اللازم. يجب إزالة البطاريات عند الإحساس باكتمال شحنها وإعطائها شحن سريع قبل الاستخدام.

٣,٤,٤ بعض الإرشادات حول شحن بطاريات النيكل:

- إن الشواحن المستهلكة لا تقوم دائماً بإنهاء عملية الشحن بشكل صحيح. حيث يجب إزالة البطارية عند الإحساس باكتمال شحنها.
- يجب عدم القيام بالشحن عند درجات حرارة عالية جداً أو تحت مستوى التجمد. فدرجة حرارة الغرفة هي الأفضل.
- لا تستخدم شواحن ترهق البطاريات. وإن لم يكن هناك من بديل، قم بالشحن تحت إشراف مستمر وقم بإزالة البطارية عند الإحساس بدفء ملمسها.
- إن أفضل شحن لبطاريات النيكل هو الشحن السريع، إن إطالة الشحن البطيء تسبب حدوث "ذاكرة للبطارية".
- تحت نسبة 70%، يكون مردود الشحن لبطارية NiMH صناعية قريب من نسبة 100%، البطارية ومجموعتها تبقيان بادرتين.
- ليست جميع أنواع بطاريات NiMH تتمتع بشحن سريع، إن الحرارة الفائضة المتجمعة سببها تيار الشحن المرتفع جداً، أو الشحن الزائد أو التقدم في العمر.
- تستطيع شواحن NiMH شحن بطاريات NiCd، وهذا غير صحيح على الجانب الآخر، إن شواحن NiCd الأصلية قد تسبب زيادة شحن.
- إن بطاريات النيكل والليثيوم تتطلب خوارزميات شحن مختلفة. ما لم يتم وضع شروط، وهذه الكيميائيات لا تستطيع أن تتشارك نفس الشاحن.

٥,٤ شحن بطاريات ليثيوم أيون (Charging Lithium ion Batteries):

إن شحن وتفريغ بطاريات الليثيوم هو عملية كيميائية، لكن بطارية الليثيوم أيون حققت استثناءً لهذه القاعدة، حيث يشرح علماء البطاريات عن أن الطاقات المتدفقة الداخلة والخارجة هي جزء من حركة الأيونات بين المصعد والمهبط. وهذا الادعاء له استحقاقات، ولكن إن كان العلماء محقون فإن البطارية ستعمل للأبد، وهذا تفكير خاطئ.

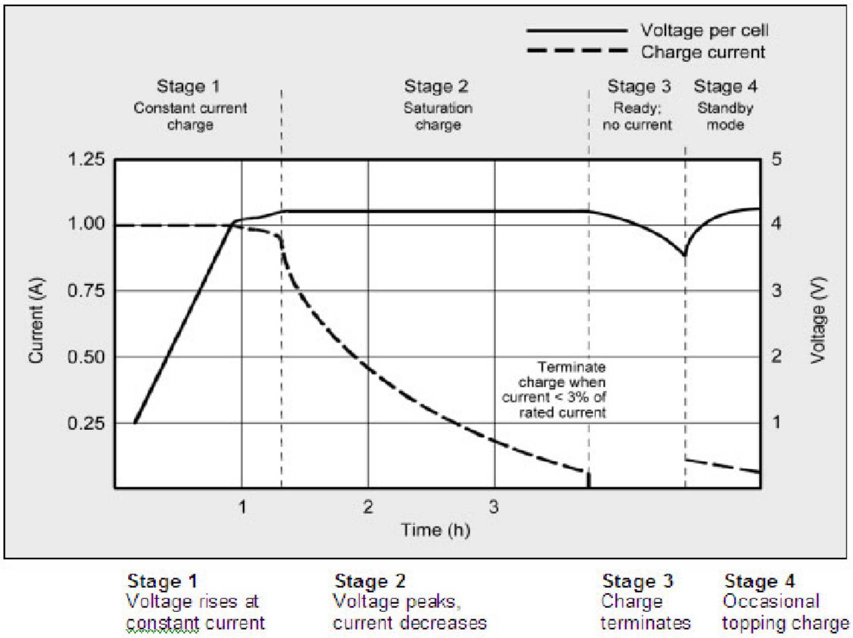
إن شاحن بطاريات الليثيوم هو تجهيزة محدودة الجهد وهي تكون مشابهة لأنظمة الـLA. إن خطوط الاختلاف تكمن في الجهد الأعلى لكل خلية، إمكانية تحمل الجهد أشد والشحن المتقلب يكون معدوماً عند اكتمال الشحن.

فبينما تظهر بطاريات LA بعض المرونة في فرق لجهد، فإن مصنعي خلايا الليثيوم صارمين جداً في ضبط الإعدادات الصحيحة لليثيوم لأن الليثيوم لا يمكنها تقبل الشحن الزائد.

إن نظام الليثيوم هو نظام واضح ويأخذ فقط ما يمكنه امتصاصه وأي شيء إضافي سيسبب الإجهاد.

معظم الخلايا تشحن لـ 4.20V/cell مع تحمل بحدود ±50mV/cell. إن الجهود الأعلى تسبب زيادة في السعة. ولكن تأكسد الخلية الناتج سيقلل من عمر الخدمة.

الأكثر أهمية هنا هو اعتبار الأمان إذا تجاوز عتبة 4.20V/cell. الشكل ٦,٤ يوضح إشارة الجهد والتيار التي تمررها الليثيوم خلال المراحل من أجل تيار ثابت وشحن أعظمي.



الشكل ٦,٤ يبين مراحل شحن بطارية Li-ion.

يكتمل شحن بطاريات الليثيوم عند هبوط التيار إلى مستوى محدد مسبقاً خارج نهاية المرحلة الثانية، وفي حالة الشحن المقطر، فإن بعض الشواحن تطبق شحناً أعظمياً عند هبوط الجهد إلى 4.05V/cell (المرحلة الرابعة).

إن نسبة الشحن لمستهلك نموذجي لبطارية ليثيوم–أيون تتراوح بين 1C و 0.5C في المرحلة الأولى، وزمن الشحن بحدود ٣ ساعات.

يطلب مصنعو الخلية ١٨٦٥٠ شحنها عند نسبة 0.8C أو أقل، حيث إن كفاءة الشحن تصل من 97% إلى 99% والخلية تبقى باردة خلال الشحن.

إن بعض مجموعات LI-ion تسبب ارتفاع حرارة قدره 5ºC عندما تصل للشحن الكامل وهذا سببه دارة الحماية و/أو المقاومة الداخلية المرتفعة.

يحصل الشحن الكامل عند وصول البطارية لعتبة الجهد وعندما يهبط التيار إلى 3% من التيار المقدر. ويمكن اعتبار البطارية أيضاً مشحونة بالكامل إذا كانت مستويات التيار مفصولة أو متوقفة ولا يمكنها الهبوط أكثر من ذلك، حيث إن ارتفاع التفريغ الذاتي ربما يكون هو السائد في هذه الحالة.

لا تحتاج بطاريات الليثيوم إلى الشحن الكامل، لأن الجهود المرتفعة تجهد البطارية. إن اختيار عتبة جهد أقل، أو إزالة حالة تشبع الشحن معاً، يزيد من عمر البطارية لكنه يقلل زمن التشغيل. وبما أن سوق الاستهلاك تميل نحو أزمنة التشغيل العظمى، فإن هذه الشواحن تتجه نحو السعات العظمى للبطاريات أكثر من توجهها نحو تمديد حياة خدمة البطاريات.

بعض الشواحن التجارية منخفضة التكلفة ربما تستخدم نظرية مبسطة (اشحن وشغل)، حيث تقوم بشحن بطارية الليثيوم خلال ساعة أو أقل دون المرور بمرحلة تشبع الشحن الثانية.

تظهر عبارة الجهوزية عندما تصل البطارية لعتبة الجهد في المرحلة الأولى، وبما أن حالة الشحن عند هذه النقطة هي حوالي 85% فقط، فإن المستخدم يتذمر من زمن الشحن القصير، وبدون أن يعرف أن الملام الأول هنا هو الشاحن. العديد من البطاريات المكفولة والمضمونة بدأت تستبدل لهذا السبب، حيث إن هذه الظاهرة معروفة بشكل خاص في صناعة الهواتف الخلوية.

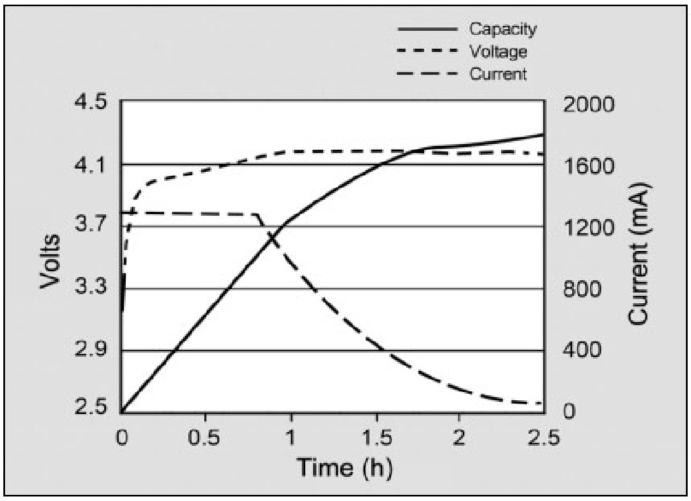
إن تجاوز الشحن الكامل له فوائد، وبعض المصنعين يضبطون عتبة الشحن بشكل أخفض على التجهيزة من أجل إطالة عمر البطارية.

الجدول ٣,٤ يشرح السعات المتوقعة عند شحنها بعتبات جهود مختلفة مع أو بدون شحن مشبع.

الشحن V/cell	السعة عند فرق الجهد	زمن الشحن	السعة مع إشباع كامل
٣,٨٠	60%	120 min	65%
٣,٩٠	70%	135 min	76%
٤,٠٠	75%	150 min	82%
٤,١٠	80%	165 min	87%
٤,٢٠	85%	180 min	100%

الجدول ٣,٤: يظهر خصائص الشحن النموذجية لبطاريات الليثيوم.

إن إضافة إشباع كامل عند الجهد المضبوط يعزز من السعة بحوالي 10% لكنه يضيف معه إجهاداً أكبر بسبب الفولطية العالية. عند شحن البطارية لأول مرة، يرتفع الجهد بسرعة، وهذا السلوك يمكن مقارنته بترك حمل ثقيل موصول برباط مرن. جهد شحن البطارية سوف يضبط فقط عندما تشحن البطارية بالكامل، بالنظر للشكل ٣ نلاحظ خصائص الشحن النموذجية لكل أنواع البطاريات.



الشكل ٧,٤ يبين السعة كتابع لجهد الشحن في بطاريات **Li-ion**.

لا يمكن لبطاريات الليثيوم امتصاص زيادة الشحن، وعند شحنها بالكامل فإن تيار الشحن يجب قطعه. إن الشحن المقطر المستمر يسبب ترسب الليثيوم المعدني، وهذا قد يسبب ضرراً بأمان البطارية.

لتقليل الإجهاد، يجب المحافظة على بطاريات الليثيوم عند جهد ذروة 4.20V/cell في أقصر وقت ممكن.

يتفق مستخدمو البطاريات الاحترافيين على أن شحن بطاريات الليثيوم أبسط وأكثر تقدماً من أنظمة الـ NiCd.

بالإضافة إلى قدرتها على تحمل زيادة الجهد، فإن دارات الشحن بسيطة نسبياً.

إن الجهد المحدود والتيار المنخفض الملاحظ في القدح يكون تحليله أسهل من تحليل الإشارات المعقدة التي يمكن أن تتغير مع تقدم عمر البطارية. إن تيارات الشحن في الليثيوم أقل حرجاً وأكثر تفاوتاً بشكل واسع.

١,٥,٤ زيادة شحن بطاريات الليثيوم:

تعمل بطاريات الليثيوم بشكل آمن مع جهود التشغيل المصممة، على أية حال، تصبح البطارية غير مستقرة إذا شحنت بشكل غير مقصود بأعلى من الجهد المحدد.

إن إطالة الشحن فوق 4.30V يشكل ترسباً لليثيوم المعدني على المصعد، بينما تصبح مادة المهبط الوسيطة مؤكسدة، غير مستقرة وتنتج غاز CO_2، ويرتفع ضغط الخلية، وإذا سمح بالشحن باستمرار فإن تجهيزة المقاطعة الحالية المسؤولة عن أمان الخلية تفصل التيار عند ضغط (200psi).

٢,٥,٤ زيادة تفريغ بطاريات الليثيوم:

لا يجب تفريغ بطاريات الليثيوم إلى درجة منخفضة جداً، حيث هناك العديد من معايير الأمان التي تمنع حدوث ذلك، فالتجهيزة تفصل مباشرة عندما يصل تفريغ البطارية إلى 3.0V/cell.

إذا استمر التفريغ إلى حدود 2.70V/cell أو أقل، فإن دارة حماية البطارية تضع البطارية في وضعية الإسبات، ولمنع البطارية من الوصول لمرحلة الإسبات، يتم تطبيق شحن جزئي قبل فترة الشحن الطويلة.

يجب عدم إعادة شحن بطارية الليثيوم إذا بقيت الخلية عند أو تحت جهد 1.5V لأكثر من أسبوع، لأن نحاس المتحول قد يتشكل داخل الخلايا وهذا يمكن أ ن يقود إلى قصر كهربائي جزئي أو كامل.

إن مجموعات الليثيوم أيون والت تحت مستوى الإجهاد تكون أكثر حساسية للتأثيرات الميكانيكية عليها، كالاهتزاز، السقوط، والتعرض للحرارة.

٣,٥,٤ إرشادات بسيطة لشحن بطاريات الليثيوم:

- يجب إطفاء التجهيزة المحمولة أثناء الشحن، لأن هذا يسمح للبطارية من الوصول لعتبة الشحن الحرجة ويعكس استجابة تيار الإشباع الصحيحة لإنهاء الشحن، حيث إن الأحمال المتطفلة يشوش الشاحن.
- يجب الشحن عند حرارة معتدلة، ويجب عدم الشحن تحت درجة التجمد.
- لا تحتاج هذه البطارية لشحن كامل، فالشحن الجزئي أفضل لها.

- تستخدم الشواحن طرقاً مختلفة لإظهار حالة الجاهزية، فالإشارة المضاءة لا تشير دائماً إلى حالة الشحن الكامل.
- يجب التوقف عن استعمال الشاحن و/أو البطارية إذا تعرضت البطارية لحرارة مفرطة.
- قبل التخزين طويل الأمد، يجب تطبيق بعض الشحن على المجموعة بحوالي نصف قيمة الشحن الكامل.
- البطاريات ذات التفريغ الزائد يمكن تعزيزها أو إعادة إحيائها للعمل من جديد، يجب التخلص من المجموعة إذا لم يرتفع الجهد إلى المستوى الاسمي خلال دقيقة من عملية التعزيز.

٤,٦ الشحن في درجات الحرارة العالية والمنخفضة (Charging at L&H temp):

تعمل البطاريات القابلة لإعادة الشحن في مجال حراري واسع ولكن هذا لا يعطيها الرخصة لشحنها في درجات الحرارة المتطرفة. البرودة المفرطة والحرارة العالية تنقصان من تقبل الشحن، والبطارية يجب وضعها في شروط درجة حرارة معتدلة قبل الشحن.

تقنيات البطاريات الأقدم، كتقنيات Lead-acid و NiCd، لديها تحمل أعلى لعملية الشحن من الانظمة الحديثة ويمكن شحنهم تحت درجة التجمد مع خفض بنسبة 0.1C. وهذا غير ممكن مع معظم أنظمة NiMH و Li-ion.

الجدول ٤,٤ يلخص درجات حرارة الشحن والتفريغ الجائزة لبطاريات Lead-acid، NiCd، NiMH، و Li-ion. تستثنى البطاريات الخاصة المصممة لعمليات الشحن المثالية خارج هذه البارامترات.

نوع البطارية	حرارة الشحن	حرارة التفريغ	نصائح الشحن
Lead-acid	-20-50°C	-20-50°C	اشحنها عند نسبة 0.3C أو أقل من درجة التجمد. تنخفض عتبة الجهد بمقدار 3V/°C عند ارتفاع الحرارة
NiCd, NiMH	-20-65°C	0-45°C	اشحنها عند نسبة 0.1C بين -18-0°C. اشحنها عند نسبة 0.3C بين -0-5°C. قبول الشحن عند الدرجة 45°C بحدود 70%. قبول الشحن عند الدرجة 60°C بحدود 45%.
Li-ion	-20-60°C	0-45°C	غير مسموح بالشحن تحت درجة التجمد. أداء شحن/تفريغ جيد عند درجات الحرارة الأعلى، ولكن عمر خدمة أقصر.

الجدول ٤,٤ : يلخص الحدود الحرارية لبطاريات متفاوتة.

يمكن تفريغ البطاريات ضمن مجال حراري واسع ولكن هذا غير مقبول بالنسبة للشحن. من أجل الحصول على أفضل النتائج، قم بالشحن بين 10°C و 30°C. وانتبه إلى أن تيار الشحن ينخفض في الجو البارد.

١,٦,٤ الشحن عند درجة الحرارة المنخفضة:

الشحن السريع لمعظم البطاريات يكون محدوداً بين درجة حرارة من 5-45°C، ومن أجل أفضل النتائج يتم تضييق عرض المجال الحراري بين 10°C و 30°C. إن بطاريات NiCd هي أكثر البطاريات سماحية لتقبل الشحن عند درجات الحرارة المنخفضة، على أية حال، عند الشحن تحت الدرجة 5°C، فإن القدرة على الاتحاد بين الهيدروجين والأوكسيجين تقل. إذا تم شحن بطاريات NiCd و NiMH بشكل سريع جداً، فإن الضغط الداخلي سيبدأ بالتنفيس. وليس فقط تسرب الغازات سيكون سبب هبوط الكترولويتية البطارية، كذلك فإن الهيدروجين المتصاعد يكون سريع الاشتعال. إن تيار الشحن لجميع أنواع بطاريات النيكل يجب أن ينخفض إلى 0.1C تحت درجة التجمد.

إن شواحن بطاريات النيكل مع تقنية اكتشاف NDV "الشحن الكامل" تقدم بعض الحماية عند الشحن السريع لها في درجات الحرارة المنخفضة. إن تقبل الشحن السيء الناتج يحاكي بطارية مشحونة بشكل كامل. وهذا جزئياً سببه الضغط المعزز والذي سببه مشاكل إعادة اتحاد الغاز. ارتفاع الضغط وهبوط الجهد عند الشحن الكامل تصبح عملية مترادفة في هذه البطاريات.

من أجل تمكين الشحن السريع في جميع درجات الحرارة، أغلب البطاريات الصناعية تتضمن محمد حراري والذي يسخن البطارية إلى درجة حرارة مقبولة، الشواحن الأخرى تقول بتعديل معدل الشحن للتغلب على درجة الحرارة. شواحن المستهلكين لا تمتلك هذه التدابير والمستخدمون يجب عليهم صنع جميع المحاولات ليتمكنوا فقط من شحن بطارياتهم عند درجة حرارة الغرفة.

لبطاريات الـ Lead-acid سماحية معينة إلى حد معقول عندما تصل إلى درجات الحرارة المتطرفة، كما نعلم من بطاريات بدء التشغيل في سياراتنا. وجزء من هذا التحمل هو سلوكها البطيء. إن نسبة الشحن المطلوبة عند درجات الحرارة المنخفضة هي 0.3C، والتي هي نفسها تقريباً في الشروط تحت الطبيعية. في درجات الحرارة المريحة أي الدرجة 20°C، التسمم بالغاز يبدأ عند جهد 2.415V/Cell، وبتخفيض درجة الحرارة إلى 20°C-، فإن جهد التسمم بالغاز يرتفع إلى 2.97V/Cell.

لا تقم بتجميد بطارية Lead-acid. لأن ذلك ربما يسبب ضرراً دائماً. يجب علينا دائماً المحافظة على البطاريات مشحونة بشكل كامل. في حالة التفريغ فإن الالكتروليت يصبح أكثر شبهاً بالماء ويتجمد بشكل أبكر من حالة الشحن الكامل للبطارية. وفقاً للـ BCI، الوزن النوعي بنسبة 1.15 له درج حرارة تجمد من 15°C-.وهذا يقارن بنسبة 1.265 من بطارية بدء تشغيل كاملة الشحن. إن بطاريات Lead-acid المشبعة تتجه إلى كسر حالتها والتسبب بالتسريب عند التجمد، إن مجموعات الـ Lead-acid المغلقة تفقد فعاليتها وتسلم فقط بضعة دروات عمل قبل أن يصبح استبدالها ضرورياً.

تقدم بطاريات Li-ion أداءً جيداً في الشحن إلى حد معقول عند درجات الحرارة المعتدلة وتسمح بعملية الشحن السريع ضمن مجال حراري بين 5°C-45°C. تحت الـ 5°C، ينخفض تيار الشحن، ولا يمكن السماح لعملية الشحن أن تتم عند درجة التجمد. خلال الشحن، مقاومة الخلية الداخلية تسبب ارتفاع طفيف في درجة الحرارة والذي يعوض قليلاً من البرود الموجودة. في جميع البطاريات، ترفع درجات الحرارة الباردة المقاومة الداخلية للبطاريات.

العديد من مستعملي بطاريات Li-ion غافلون عن كون بطاريات Li-ion غير قابلة للشحن تحت الدرجة 0°C. وذلك على الرغم من أن مؤشر الشحن يظهر تقدم عملية الشحن بشكل طبيعي، إن عملية التصفح لليثيوم المعدني يمكن أن تحدث على مصعد البطارية عند الشحن في درجة حرارة تحت مستوى التجمد. وهذا التصفح يصبح دائم ولا يمكن إزالته بعملية تدوير البطارية. بطاريات الليثيوم التي تواجه هذه الحالة تصبح أكثر عرضة للفشل إذا تعرضت للاهتزاز أو أي من شروط الإجهاد الأخرى. الشواحن المتقدمة، والتي تصنعها شركة Cadex، تمنع شحن بطاريات Li-ion تحت درجة التجمد.

مصنعو البطاريات ما زالوا يواصلون البحث عن الطرق لشحن بطاريات Li-ion تحت مستوى التجمد، والشحن بنسبة منخفضة في الحقيقة ممكن في معظم خلايا Li-ion، على أية حال، هذا خارج عن حدود النوعية لمعظم منتجات المصنعين. إن الشحن في الحرارة المنخفضة يجب أن يعنون على أساس حالة–إلى–حالة وسيكون بذلك تابعاً للمصنّع والتطبيق. طبقاً للمعلومات المستقبلة من مراكز البحث في الجامعات، فإن نسبة الشحن المسموحة عند حرارة -30°C هي 0.02C. وعند هذا التيار المنخفض، بطارية Li-ion بسعة 1000mAh يمكن شحنها فقط عند تيار 20mAh، وهذا يمكن أن يأخذ أكثر من 50 ساعة للوصول إلى تمام الشحن.

بعض خلايا الـ Li-ion التي تم تطويرها من أجل أدوات القدرة والتطبيقات الالكترو–فولتية EV يمكن شحنها عند درجات حرارة أقل من -10°C عند نسبة منخفضة. وللشحن عند نسبة أعلى، فإن أنظمة الـ Li-ion الخاصة بأنظمة الدفع الآلية تتطلب بطانية حرارية. بعض السيارات الهجينة توزع هواء حجرة دافئ عن طريق البطاريات وذلك من أجل رفع حرارة البطاريات، بينما السيارات الكهربائية عالية الأداء تقوم بتسخين وتبرد البطارية عن طريق سائل معين.

٤,٦,٢ الشحن عند درجات الحرارة المرتفعة:

الحرارة هي أكثر أعداء البطاريات سوءاً، وذلك يتضمن Lead-acid. يتم إضافة تعويض حراري إلى شاحن Lead-acid من أجل تعديل التفاوت الحراري والذي يطيل من عمر البطارية بنسبة 15%. إن التعويض المطلوب هو 3mV لكل خلية ولكل درجة حرارة يتم تطبيقها على معامل السلبية، وهذا يعني هبوط عتبة الجهد وزيادة درجة الحرارة. على سبيل المثال، إذا كان الجهد العائم المستمر مجهزاً على 2.30V/Cell عند حرارة 25°C، فإن الإعدادات المطلوبة ستصبح 2.27V/cell عند حرارة 35°C و 2.33V/cell عند حرارة 15°C. وهذا يمثل تصحيح بحدود 30mV لكل خلية عند حرارة 10°C.

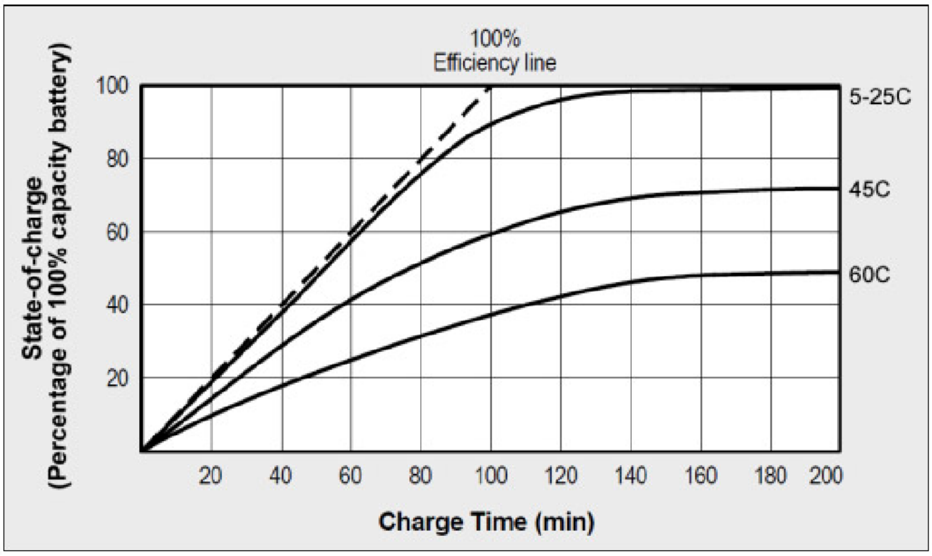
الجدول ٥,٤: يشير إلى جهد الذروة المثالي عند درجات حرارة متفاوتة عند شحن بطاريات Lead-acid، والجدول أيضاً يتضمن الجهد العائم المطلوب أثناء تفعيل النمط الاحتياطي.

حالة البطارية	0°C	25°C	40°C
حدود الجهد أثناء الشحن	2.55V/cell	2.45V/cell	2.35V/cell
الجهد العائم عند الشحن الكامل	2.35V/cell أو أقل	2.30V/cell أو أقل	2.25V/cell أو أقل

الجدول ٥,٤: حدود الجهد المطلوبة أثناء الشحن وثبات عملية الصيانة لبطاريات Lead-acid في حالة الشحن العائم.

إن شحن بطاريات النيكل عند درجات الحرارة المرتفعة يخفض من توليد الأوكسجين، والذي يقلل من عملية تقبل الشحن. إن عملية تسخين البطارية هي عملية مخادعة حيث تجعلك تعتقد بأن البطارية تم شحنها بالكامل وفي الواقع هي ليست كذلك.

الشكل ٨,٤: يبين انخفاضاً قوياً في كفاءة الشحن فوق درجة الحرارة 30°C. عند الـ 45°C، البطارية تستطيع قبول 70% فقط من قدرتها الكاملة، عند 60°C، تقبل الشحن ينخفض إلى 45%. الـ NDV من أجل كشف الشحن الكامل يصبح معدوم الموثوقية عند درجات الحرارة الأعلى والتحسس لدرجة الحرارة يكون ضرورياً من أجل عملية الاستعادة. إن الأنواع الجديدة للبطاريات كبطارية NiMH تؤدي بشكل أفضل من بطاريات NiCd عند درجات الحرارة الأعلى.



الشكل ٨,٤: تقبل الشحن للـNiCd كتابع لدرجة الحرارة.

إن الحرارة المرتفعة تقلل من قبول الشحن عند 55°C، بطاريات NiMH التجارية لها كفاءة شحن بين 35-40%، والأنواع الأحدث لـ NiMH تحقق ما بين 75-80%.

إن بطاريات Li-ion تؤدي بشكل أفضل عند درجات الحرارة المرتفعة، على أية حال، إطالة التعرض للحرارة يخفض من عمر البطارية. إن كفاءة الشحن هي بحدود 97-99%، بغض النظر عن درجة الحرارة. في الواقع، فإن الحرارة العالية تزيد من كفاءة الشحن بشكل طفيف عن طريق تحسين المقاومة الداخلية للبطارية.

هناك تقييدات خاصة ببطاريات الليثيوم. تملي اعتبارات الأمان لبطاريات الليثيوم بأن تبقى ضمن الحدود النوعية وذلك بسبب إمكانية وجود الفاقد الحراري أثناء حدوث الإجهاد. إن بطارية الليثيوم المشحونة بشكل كامل هي أكثر حساسية للفاقد الحراري مقارنة في حالة تفريغها الكامل، إن درجة حرارة الفاقد الحراري تنخفض مع زيادة الشحن. بالرغم منذ لك، إن بطاريات الليثيوم الخاصة تخدم التطبيقات ذات درجات الحرارة العالية بشكل مؤقت، وأدوات التعقيم الجراحية التي تعقم بالبخار عند حرارة 137°C،...الخ.

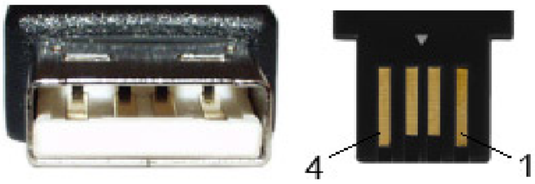
٧,٤ الشحن من منفذ USB (Charging from a USB Port):

إن المنفذ التسلسلي العالمي تم تقديمه في العام ١٩٩٦، وبعدها أصبح من أكثر التجهيزات الالكترونية انتشاراً وسهولة في الاستعمال. إن منفذ الـ USB هو منفذ ثنائي الاتجاه والذي يوفر تزويد بالجهد لتشغيل رقاقات الذاكرة ، لوحة المفاتيح، الفأرة، الوصلات اللاسلكية، الكاميرات، مشغلات mp3 والشواحن.

مع جهد 5V وتيار 500mA، فإن منفذ الـ USB يمكنه شحن خلية ليثيوم أيون صغيرة، ولكن هنالك خطر يكمن في تحميل محور المنفذ عند ربطه مع الكثير من الأدوات. إن إدخال الشاحن الذي يقوم بسحب تيار الـ 500mA من المنفذ سوية مع التجهيزات الأخرى سيسبب تجاوز تيار المنفذ، ويقود بذلك إلى هبوط الجهد وحتى فشل النظام. لمنع زيادة التحميل، بعض الـ Hosts تتضمن دارات تحديد تيار والتي تقوم بإيقاف تشغيل التجهيزة عند زيادة سحب التيار. وهناك طريقة أخرى هي تحديد التيار لجميع الملحقات بتيار 400mA وحجز 100mA للاحتياط.

إن معظم شواحن منفذ الـ USB مصممة من أجل خلية ليثيوم واحدة. حيث يبدأ الشحن بتيار ثابت لغاية الحصول على جهد 4.20V/Cell، وعند هذه النقطة يكتمل الجهد ويبدأ التيار بالتناقص. وبسبب هبوط الجهد في الكابل، والذي يبلغ حوالي 350mV، وبسبب الخسارات في دارة الشحن، فمن المحتمل ألا تتمكن قيمة جهد المنفذ 5V من شحن البطارية إلى حد عتبة الجهد 4.20V. وهذه ليست مشكلة، لأن البطارية لن تتأذى، ولكنها ستسلم قدرة بزمن أقصر من المتوقع.

يملك منفذ الـ USB أربع بنات توصيل ودرع. إن الوصلة البن أقصى اليمين ذو الرقم ١ يحمل جهد 5V، والبن في أقصى اليسار ذو الرقم ٤ هو الأرضي. إن البنين الأقصر في الوسط محجوزان لنقل البيانات وليس لهما وظيفة في شاحن الـ USB. الشكل ٩,٤ يشرح النوع المستطيل للمنفذ التسلسلي.



الشكل ٩,٤: يبين النوع المستطيل للمنفذ التسلسلي

إن الوصلات المتوفرة الت تقوم بتحويل قداحة السجائر إلى المنفذ لشحن الهاتف الخلوي في السيارة. أيضاً يمكننا شحن هاتفنا الخلوي من منفذ الـUSB للحاسب المحمول. يجب ملاحظة أن المنفذ يخرج الطاقة فقط ولا يستلم أي طاقة من أي مصدر طاقة خارجي. باختصار، تتدفق القدرة للخارج فقط.

٨,٤ رقائق الشحن (Charger Chips):

ظهرت أول هذه الرقاقات في العام ١٩٨٠م، مع ظهور بطاريات NiMH و Li-ion والتي تحتاج لخوارزميات شحن خاصة، ومنذ ذلك الوقت بدأت هذه الرقاقات بخدمة أكثر تجهيزات الشحن الأساسية.

على الرغم من سهولة استخدامها، فإن لها محدوديات، فمعظمها يملك خوارزمية شحن ثابتة لا تلائم الاستخدام الخاص، كما أنها لا تمتلك خاصية التعزيز أو إعادة إحياء البطارية من جديد عند دخولها في نمط الإسبات.

استمرت هذه الحال حتى حلت المتحكمات الصغرية مكان رقائق الشحن، و على الرغم من أن كلفة التصميم أعلى بسبب البرمجة. فإن كلفة التصنيع كانت متوافقة مع رقائق الشحن. "يجب التذكير بأن رقاقة الشحن أو المتحكم الصغري يشكلون جزءاً صغيراً فقط من دارة الشاحن". كما أن معظم الكلفة يكمن في المكونات الملحقة، والتي تتضمن مفاتيح الحالة الصلبة ومزودات القدرة.



الشكل ١٠,٤ يبين رقاقة و تجهيزة شاحن بطاريات.

٩,٤ الشحن مع مصدر قدرة (Charging with Power Source):

بالمعرفة التقنية، يمكن شحن البطاريات بشكل يدوي مع مصدر قدرة يعطي قابلية تعديل تيار-جهد محدود للمستخدم. يجب التنويه هنا إلى أن الشحن اليدوي لا يمكن تركه بدون مراقبة، فانتهاء الشحن ليس آلياً هنا. حيث يجب مراقبة حالة الشحن طبقاً لسلوك الجهد والتيار. يجب تخفيض جهد الشحن أو فصل الشاحن عند اكتمال

الشحن. وهنا يجب التنويه إلى القيام بعملية الشحن اليدوي مع بطاريات الليثيوم وبطاريات حمض–رصاص وذلك بسبب الصعوبات الكبيرة في اكتشاف الشحن الكامل لبطاريات النيكل.

قبل وصل البطارية، يجب القيام بحساب جهد الشحن طبقاً لعدد خلايا السلسلة، بعدها يتم ضبط جهد الشحن المرغوب وتحديد التيار. فمن أجل شحن بطارية حمض–رصاص 12V (6 خلايا) وكل خلية بجهد 2.40V، فإننا نقوم بضبط الجهد على 14.4V (6×2.40V). نقوم بتحديد تيار الشحن طبقاً لحجم البطارية. فمن أجل بطارية حمض–رصاص تكون هذه الزيادة من 10-30% من السعة المقدرة. إن بطارية 10Ah عند نسبة شحن 30% تكون بحدود 3A. يمكن شحن بطاريات البدء عند تيارات منخفضة، ومجموعة 80Ah يمكن شحنها بنسبة تقدر بـ 10% أو 8A. والتيارات الأعلى تكون مستحيلة.

يجب مراقبة حرارة ، جهد وتيار البطارية خلال الشحن. يجب القيام بالشحن فقط في الغرف ذات التهوية الجيدة ودرجات الحرارة الطبيعية. عند اكتمال شحن البطارية وهبوط التيار إلى 3% من السعة المقدرة، تكون عملية الشحن قد اكتملت. عندما يصل التيار إلى مستوى منخفض جداً ويصبح غير قادر على تجاوز أخفض مستوى، عندها نقوم بفصل الشاحن.

يمكن أيضاً استخدام منبع القدرة من أجل مساواة بطارية حمض–رصاص عن طريق ضبط جهد الشحن بـ 10% أعلى من القيمة المطلوبة. إن حالة زيادة الشحن هي حالة حرجة ويجب مراقبتها بتأني.

يمكنك لمصدر القدرة أن يعكس التكبرت ولكن لا توجد ضمانة لذلك. عند تطبيق الشحن، فإن بطارية حمض–رصاص المكبرتة كلياً تمرر تياراً صغيراً جداً في البدء، وباستمرار انحلال طبقة الكبريت يزداد التيار بشكل تدريجي. إذا كان من الواجب زيادة جهد الشحن فوق المستوى المطلوب، فإننا نقوم بضبط مستوى التيار إلى أدنى قيمة بشكل جزئي ونراقب جهد البطارية. إذا لم تتقبل البطارية الشحن بعد ٢٤ ساعة، فإن إعادة الشحن تكون غير ممكنة.

إن شواحن الليثيوم مشابهة لشواحن الحمض–رصاص ويمكننا استخدام مصدر القدرة أيضاً ولكن بحذر زائد. حيث نقوم بضبط عتبة الجهد على 4.20V/Cell ونأخذ بعين الاعتبار عدم وجود خلايا متصلة تتجاوز قيمة الفولطية المحددة. (في حال وجود دارة حماية فإن هذه الحالة يمكن إهمالها) إن اكتمال الشحن ينتهي عند وصول الخلايا إلى مستوى جهد 4.20V/cell وهبوط التيار إلى 3% من قيمة السعة المقدرة. بعد اكتمال الشحن، يتم إزالة البطارية. حيث يجب عدم السماح للخلية بالبقاء أكثر من عدة ساعات عند عتبة الجهد 4.20V/cell.

ينصح بعدم شحن بطاريات النيكل مع مصدر قدرة. إن اكتشاف الشحن المكتمل يكون صعب تقييمه لأن ومضة الجهد تتفاوت مع تفاوت تيار الشحن المطبق. وغذا كان لا بد من شحنها، فيجب استخدام ارتفاع الحرارة على الشاحن السريع كمؤشر على اكتمال الشحن. أثناء الشحن عند تيار منخفض، نقوم بتخمين مستوى الشحن المتبقي وبعدها بحساب زمن الشحن. إن بطارية NiMH فارغة بسعة 2Ah يمكن شحنها في ثلاث ساعات عند تيار 500mA. حيث يجب خفض الشحن المقطر إلى نسبة 0.05.

١٠,٤ الشحن بدون أسلاك (Wireless Charging):

إن الشحن اللاسلكي قد يستبدل بعد عدة سنوات المقابس والأسلاك وبتقنية مشابهة لتقنية البلوتوث والـ Wi-Fi. إن الشحن اللاسلكي مع اقتران المحارضة يستخدم الحقل الكهرومغناطيسي الذي يقوم بنقل الطاقة من المرسل إلى المستقبل. إن المستهلكين يستغربون هذه البساطة التي يتم فيها وضع الجاهز المحمول على قاعدة شحنه. إن الشحن اللاسلكي يعمل بشكل جيد عم الهواتف الخلوية، الكاميرات الرقمية، وسائط التشغيل، أدوات التحكم بالألعاب وسماعات بلوتوث للأذن. التطبيقات المحتملة الأخرى هي أدوات القدرة ، التجهيزات الطبية، الدراجات الكهربائية والسيارات الكهربائية.

إن نقل القدرة لاسلكياً ليست تقنية جديدة. في العام ١٨٣١م، اكتشف ميخائيل فاراداي قانون التحريض حيث قال: إن قوى الحقل الكهرومغناطيسي تستطيع الانتقال عبر الفضاء. وفي أواخر القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر، بدأ العالم اليوغسلافي نيقولا تسلا "Nicola Tesla" بدأ ببرهنة النقل اللاسلكي في الإذاعة وبرهنة انتقال الطاقة. إن التجارب المبكرة في ينابيع كولورادو في العام ١٨٩٩م قادت إلى إنشاء برج واردينكليف في نيويورك "Wardenclyffe Tower"، لقد كان العالم تسلا متشبثاً بعناد لإثبات نظريته حول القدرة على نقل الطاقة بدون أسلاك، ولكن قلة التمويل وعدم وجود رأس مال يتبنى الفكرة أوقفا المشروع.

وماهي إلا سنوات قليلة حتى بدأ البث الإذاعي في العام ١٩٢٠م، وتم بناء مرسلات هائلة في القارة الأوروبية AM ومع إشارات قوية لتصل أكبر عدد من البلدان. المرسل في بيرومونستر في سويسرا (الشكل ١١,٤) كان يستطيع أن يرسل في 600kW، ولكن قانون الضباب الالكتروني واحتجاج السكان الأصليين حد من قينة استطاعة البرج إلى 180kW. حيث حلت مكان مرسلات AM مرسلات FM الأصغر.



الشكل ١١,٤: محطة راديو AM السويسرية الوطنية في بيرومونستر.

أنشأت في العام ١٩٣١م كصوت مستقل ضد البروبوغاندا النازية الألمانية التي يقودها هتلر. حيث كانت تبث إشارات AM حتى العام

هنا يطرح السؤال عن العلاقة بين الشحن اللاسلكي والبث الإذاعي. إن كلا النموذجين متشابهين من حيث القدرة على إرسال الطاقة بقوة الموجات الكهرومغناطيسية. يعمل الشحن اللاسلكي بالقرب من الحقل وهي الحالة التي ينتج

فيها الملف الأولي حقلاً مغناطيسياً يلتقطه الحقل الثانوي في مجال قريب. وأما البث الإذاعي أو الراديو فيعمل على مبدأ الحقل البعيد عن طريق إرسال الإشارات التي تنتقل عبر الفراغ.

يلتقط الملف المستقبل للشاحن اللاسلكي معظم الطاقة المتولدة، أما لاقط الراديو يحتاج بضعة ميكرو فولت μV لكي يقوم برفع الإشارة فوق مستوى الضجيج ومن ثم تضخيمها من أجل استقبال أقوى وأوضح.

٤,١٠,١ أنواع الشحن اللاسلكي:

يصنف الشحن اللاسلكي إلى ثلاثة أصناف:

- الشحن الراديوي.
- الشحن الحثي.
- الشحن الطنيني.

الشحن الراديوي يقدم تجهيزات منخفضة القدرة تعمل بمجال نصف قطر يبلغ ١٠متر من المرسل إلى بطاريات الشحن كما في وسائل السمع المساعدة، ساعات اليد، والتجهيزات الترفيهية. ويمكن للشحن بالراديو أيضاً تنشيط رقائق RFID "Radio Frequency Identification" متقدم عن طريق محارضة حثية رنانة. يرسل المرسل موجة راديو منخفضة القدرة عند تردد 915MHz (نفس تردد مايكروويف المنزلي) والمستقبل يقوم بتحويل الإشارة إلى قدرة. إن طريقة الشحن الراديوي أقرب إلى محطة إرسال منتظمة، فهي تقدم مرونة عالية ولكن قدرة التقاط أقل وتعرض البشر إلى للضباب الالكتروني.

إن معظم الشواحن اللاسلكية اليوم تستخدم ميزة الشحن التحريضي لملف الإرسال والاستقبال بشكل تقاربي. إن فرشاة الأسنان الكهربائية كانت من أوائل التجهيزات التي تستخدم هذه الميزة، ويعد قطاع الاتصالات الهاتفية من أكبر القطاعات التي ستتفاعل مع هذه التقنية.

من أجل البطاريات الكبيرة مثل العربات الكهربائية بدأ تطوير ما يسمى الشحن الطنيني، أو التحريض الكهروديناميكي. إن هذا الشحن يعمل عن طريق صنعة حلقة ملف. حيث إن ذبذبات الحقل المغناطيسي تعمل بمجال نصف قطر قدره متر واحد. إن المسافة بين ملف المرسل والمستقبل يجب أن تكون على الأقل ١/٤ طول الموجة (التردد 915MHz له طول موجة 0.328 متر). حالياً، الشحن الطنيني "الرنيني" في الاختبارات يستطيع تسليم 3000Watt تقريباً عند كفاءة نقل من 80-90%.

٤,١٠,٢ المعيار:

إن نجاح تقنية الشحن اللاسلكي يعود إلى تكيفه وموائمته للمعيار العالمي ولد WPC (الاتحاد العالمي للطاقة اللاسلكية) الذي تم في العام ٢٠٠٨م، مع المعيار "Qi"، أصبح يمكن لمصنعي التجهيزات ببناء أرضيات شحن لخدمة مجال واسع من التجهيزات المتوافقة Qi. إن أول تحرير للطاقة اللاسلكية تم تحديده بـ 5Watt كما يلي:

في نمط الجهوزية، ترسل حصيرة الشحن إشارات تتحسس توضع الجسم. ويتم كشف الجسم عن طريق تغير السعة أو الرنين. إن هذه الحصيرة تلزم التجهيزة بموافقة معيار WPC عن طريق إرسال حزمة بيانات بتعديل الحمل سلسلة بيانات ٨بت. في هذه الأثناء تنبه تجهيزة الاستقبال وستستجيب للإشارة المستقبلة عن طريق تقويتها. بعدها تقوم الحصيرة بإرسال أزيز رقمي متعدد لتمييز أفضل موضع للجسم المتوضع. بعد ذلك فقط تبدأ الخدمة. خلال عملية الشحن، يرسل المستقبل مجموعة إشارات تحكم بالخطأ لتعديل مستوى القدرة. الشكل ١٢,٤ يشرح حصيرة الشحن بتوافقية Qi.



الشكل ١٢,٤: حصيرة الشحن لهاتف خلوي.

إن الشحن اللاسلكي عملي جداً من أجل الهواتف الجوالة وملحقاتها.

إن حصيرة الشحن ترسل القدرة فقط عند التعرف على الجسم الصحيح. بدون تحميل، أو عند اكتمال شحن البطارية، تنتقل الحصيرة إلى الوضعية الاحتياطية. إن ملفات الإرسال والاستقبال تكون محمية جيداً من أجل حصول أفضل تقارن بينها ومن أجل تخفيض الأشعة التائهة. إن بعض حصائر الشحن تستخدم ملف إرسال حر الحركة والذي يوفر للجسم المتوضع فوقه أفضل قران "تبادل حثي"، الأنظمة الأخرى تعرض أو توفر ملفات إرسال متعددة عن طريق جعلها تعمل فقط في المنطقة القريبة للجسم. الشكل ١٣,٤ يوضح تجهيزة Qi تمثل المرسل والمستقبل.



الشكل ١٣,٤: نظام شحن لاسلكي من شركة Texas Instruments.

وحدة الإرسال المتوافقة مع المعيار Qi على اليسار. ووحدة الاستقبال على اليمين. التطبيقات التجارية تحدد حالياً بـ 5Watt.

٣,١٠,٤ عوائق الشحن اللاسلكي:

للشحن الحثي كغيره من أنماط الشحن أضرار أيضاً.فقد فوضت لجنة الطاقة في كاليفورنيا CEC، مستوى V، موائمات AC بكفاءة أصغرية من 85%، أما المنظمة الأوروبية Energy Star، المستوى V، تتطلب 87% (وكالة الطاقة الأوروبية تستخدم معايير CEC كأساس لها). إن إضافة ضياعات دارة الشحن لموائمات الـ AC تسبب هبوط

كفاءة الشاحن إلى 70%. للشحن اللاسلكي مردود يبلغ من 70-80%، بالإضافة إلى ضياعات المردود، فإن الشاحن اللاسلكي يتضمن نمط "الاستعداد" وذلك لتمييز توضع الجسم، وهذه الميزة تضاف إلى باقي المزايا الموجودة في الشاحن.

١١,٤ جدول مواعيد وكيفية الشحن(How & When to charge Table):

تحتاج البطاريات احتياجات خاصة ونادرة والجدول ١ يشرح كيفية تلبية هذه الرغبات بالنسبة للبطاريات العمومية. بسبب التشابه بين عوائل البطاريات، سنقوم فقط بإدراج أنظمة الرصاص والنيكل والليثيوم، بالرغم من أن كل كيميائية تمتلك متطلباتها الخاصة، فإن هناك دائماً خطوط عامة تؤثر بحياة جميع البطاريات وسنقوم بتوضيحها هنا:

- ✓ الحفاظ على حرارة معتدلة للبطارية.
- ✓ التحكم بتفريغ البطارية، حيث أن كل دورة تخفض من شحن البطارية بشكل طفيف. إن التفريغ الجزئي قبل الشحن أفضل من التفريغ الكامل، حيث يجب تطبيق تفريغ كامل معتمد فقط من أجل تحديد البطارية الذكية، ومن أجل منع تشكل ذاكرة في مجموعة النيكل.
- ✓ تجنب سوء الاستخدام، حيث يجب الحفاظ على درجة حرارة معتدلة للبطارية.

إن البطاريات المصممة لأنظمة قطر القدرة الكهربائية غيرت المفهوم المتبع من قبل مصنعي البطاريات في تصنيعهم كثافة طاقية أعظمية والتي يطلبها المستخدم، المفهوم الجديد جعل المصنعين يركزون على الأمان وعمر الخدمة الأمثليان، إن هذه البطاريات عرضة لأخطار بيئية عديدة، حيث يجب عليها أن تعمل لفترة أعظمية تحت الحرارة المفرطة، البرودة، الصدمة والاهتزاز.

إن تخزين الطاقة لعدة kW تجعل البطاريات الخاصة بأنظمة قطر القدرة الكهربائية تشكل خطراً محدقاً إذا تعرضت لإجهاد أكبر من الظروف الطبيعية. وأكثر من ذلك، البطاريات المسيرة باهظة الثمن، ويجب أن تخدم السيارة لفترة طويلة جداً.

إن العناية بالبطارية للحصول على فترة خدمة مديدة، "وهذا ممكن في بعض الأوقات مع الحواسيب المحمولة والهواتف الخلوية" يعد أكثر صعوبة مع البطاريات الضخمة في العربات السيارة والتي يجب أن تسلم تيارات حمل عالية بناءً على الأمر المعطى لها حيث تكون عرضة للتجمد في الشتاء وللظروف القاسية جداً في الصيف.

إن مستخدم البطارية يتمتع بتحكم محدود في العناية والتنبه للبطارية، وهذه المهمة يمكن تمريرها أيضاً إلى أنظمة إدارة البطاريات الذكية (BMS)، والتي تتلقى الأوامر وتقوم بعملية الإشراف.

فبينما تمتلك البطاريات في الأجهزة المحمولة معاييرها الخاصة وتتمتع بفترة استراحة، فإن هذه الحرية غير موجودة في أنظمة البطاريات الأضخم حيث يجب أن تكون جميع المكونات متساوية في القوة والمتانة.

السؤال الأكثر تردداً	حمض–رصاص (السائلة–المغلقة)	النيكل NiCd-NiMH	ليثيوم أيون (Li-ion, Li-Polymer)
كيف ينبغي تجهيز البطارية الجديدة؟.	البطارية تأتي مكتملة الشحن، لذا نقوم بتطبيق شحن أعظمي.	نقوم بشحنها من 14-16 ساعة. قد تحتاج لتهيئة.	نقوم بتطبيق شحن أعظمي قبل استخدامها، ولا حاجة لتهيئتها
هل يمكن التسبب بضرر للبطارية إذا استخدمت بشكل خاطئ؟.	نعم، يجب عدم تخزينها في حال كونها مشحونة جزئياً، حيث يجب الحفاظ على حالة الشحن الكامل لها.	البطارية متينة، وأداؤها يتحسن مع الاستخدام.	يجب الاحتفاظ ببعض الشحن فيها، فالشحن المنخفض قد يسبب إطفاء دارة الحماية.
هل نحتاج إلى تطبيق شحن كامل؟.	نعم، فالشحن الجزئي يسبب التكبرت.	الشحن الجزئي يعتبر أفضل.	الشحن الجزئي هنا أفضل من الشحن المكتمل.
هل يمكن عرقلة دورة الشحن؟.	نعم، الشحن الجزئي لا يسبب أي ضرر.	المقاطعات قد تسبب تسخين حراري داخلي.	لا يسبب الشحن الجزئي أية أضرار.
هل ينبغي استخدام كل طاقة البطارية قبل الشحن؟.	لا، فالتفريغ العميق ينهك البطارية، حيث يكون الشحن أكثر اعتياداً لها.	يجب تطبيق تفريغ محدد فقط لمنع حدوث ذاكرة.	التفريغ العميق ينهك البطارية.
هل يجب القلق حيال تشكل الذاكرة؟.	لا، لا توجد ذاكرة.	يجب تفريغ NiCd كل ١–٣ أشهر.	لا توجد ذاكرة.
كيف يمكن تحديد "ذكاء" البطارية؟.	غير مقبول.	يجب تطبيق شحن/تفريغ عندما يكون مقياس الوقود غير دقيق، يجب إعادة العملية كل ١–٣ أشهر.	
هل يجب إزالة البطارية عند امتلائها؟.	بناءً على نوع الشاحن. تحتاج لجهد متقلب صحيح.	يجب إزالتها إذا تركت في الشحن لأكثر من يوم.	غير ضرورية، فالشاحن يمكن إطفاؤه.
هل يجب السماح للبطارية بأن تسخن خلال الشحن؟.	قد تصبح البطارية دافئة في نهاية الشحن.	يحصل ارتفاع حرارة للبطارية ويجب تبريده.	قد تصبح البطارية دافئة في نهاية الشحن.
كيف يمكن القيام بالشحن أثناء البرودة؟.	شحن بطيء 0.1C، 0-45ºC. شحن سريع 0.1C-1C، (5-45)ºC.		لا يجب شحنها تحت مستوى التجمد.
هل يمكن القيام بالشحن عند درجات الحرارة المرتفعة؟.	فوق 25ºC، وتُخفَّض عتبة الجهد لـ 3mV/cell	لا يمكن اكتمال شحنها في حال ارتفاع حرارتها.	لا يجب القيام بالشحن فوق 50ºC.
ما الذي يجب معرفته حول الشواحن؟.	يجب على الشاحن أن تتقلب جهوده بين -2.25V عند جهوزية 2.30V البطارية.	يجب ألا يحدث للبطارية تسخين زائد، حيث يجب أن تتضمن حساس حرارة.	يجب أن تبقى البطارية باردة، لا يجب القيام بالشحن المقطع عند جهوزيتها.

الجدول ٦,٤: يبين أفضل طرق الشحن.

١٢,٤ مساواة الشحن (Equalizing Charging):

إن البطاريات الثابتة وبشكل خاص بطارية حمض–رصاص تتطلب عدة أنواع صيانة، وإحداها هو تساوي الشحن. إن تطبيق شحن متساوي كل ٦ أشهر أو بعد ٢٠ دورة يساهم في جعل جميع خلايا البطارية عند مستوى شحن واحد عن طريق زيادة الجهد إلى 2.50V/cell، أو 10% أعلى من قيمة فولطية الشحن الموصى بها.

إن مساواة الشحن ليس أكثر من عملية شحن قسري للبطارية. فهي تقوم بإزالة التكبرت الذي يتشكل خلال ظروف الشحن المنخفضة. يوصي مصنعو البطاريات أولا بقياس التكبرت. وإحدى هذه الطرق هي تطبيق شحن مشبع وبعد ذلك يتم مقارنة الوزن النوعي على الخلايا الفردية لبطارية حمض–رصاص السائلة. يجب تطبيق مساواة الشحن فقط في حال كان الاختلاف في الوزن النوعي بين خلايا البطارية بحدود 0.030. خلال مساواة الشحن، قم بالتحقق من تغيرات قراءات الوزن النوعي كل ساعة وقم بفصل الشاحن إذا لم يستمر الوزن بالارتفاع. وهذه تكون الحالة المثالية لتساوي الشحن حيث لا يوجد بعد ذلك مجال لإضافة أي زيادة على الوزن النوعي، ويجب هنا الحذر إلى أنه في حال تخطي حالة الشحن المثالية هذه فإن ذلك سيسبب ضرراً للبطارية. لذا يجب الحفاظ على البطارية باردة تحت رقابة صارمة من أجل منع حدوث حالات الحرارة الزائدة أو تسر الغازات السامة. إن بعض الغازات التي يتم تنفيسها هي حالة طبيعية ومسموح بها حيث أن الهيدروجين المنتشر يكون سريع الاشتعال، لذا يجب أن تكون تهوية الغرفة جيدة.

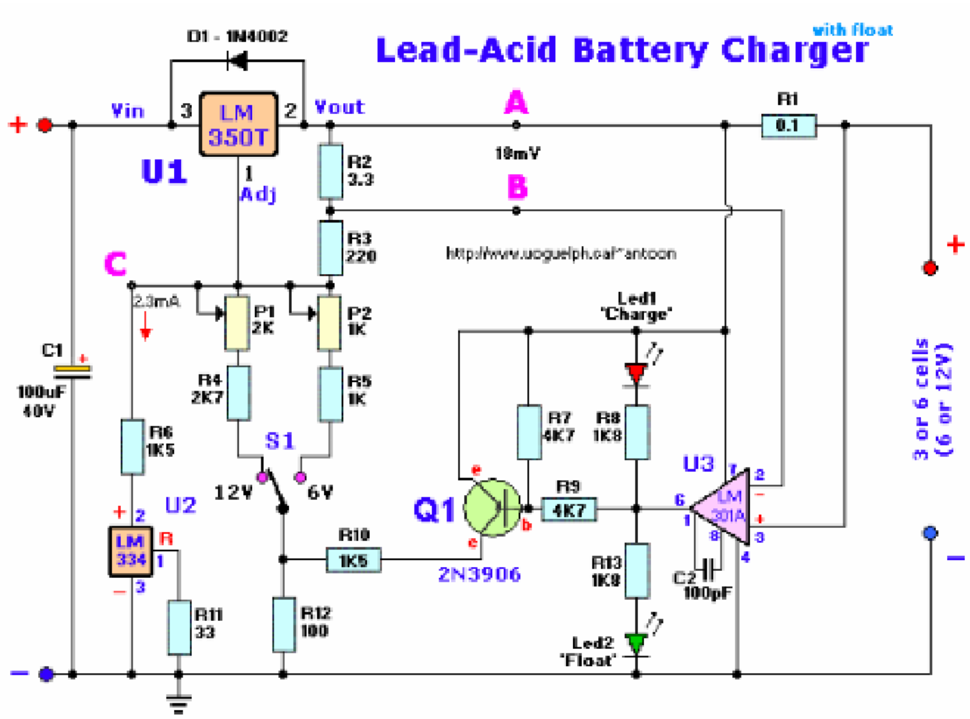
١٣,٤ نموذج لدارة شحن عملية (Practical Charging Circuits):

توفر هذه الدارة جهد شحن مبدئي قدره ٢,٥ فولت لكل خلية عند درجة حرارة ٢٥ من أجل زيادة سرعة شحن بطارية حمض–رصاص.

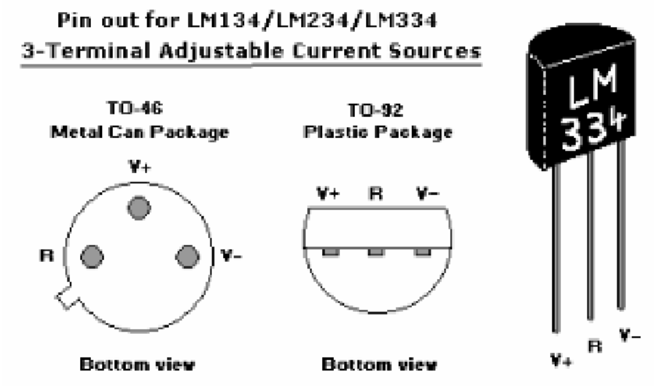
يقل تيار الشحن بزيادة الشحن ولذا تقوم الدارة بتقليل جهد الخرج إلى ٢,٣٥ فولت لكل خلية (جهد التعويم عند الشحن التام) وذلك عندما ينخفض تيار الشحن إلى القيمة ١٨٠ ميللي أمبير. هذا الانخفاض في قيمة الجهد يحمي البطارية من الشحن الزائد الذي يقلل من عمر البطارية.

تقوم دارة المقارنة (LM301A) U3 بالمقارنة بين الجهد الواقع بين طرفي المقاومة R1 مع قيمة الجهد 18mV المرجعية والمعدة على المقاومة R2. يتحكم خرج المقارن في جهد المنظم بحيث يدفعه إلى إخراج جهد تعويم عندما تنخفض قيمة تيار الشحن المار عبر المقاومة R1 إلى 180mA. يتم ضبط فرق الجهد 150mV بين كل من جهدي التعويم والشحن بواسطة النسبة بين المقاومة R10 والمقاومة R12 وتبين لمبتي الإشارة حالة الشحن.

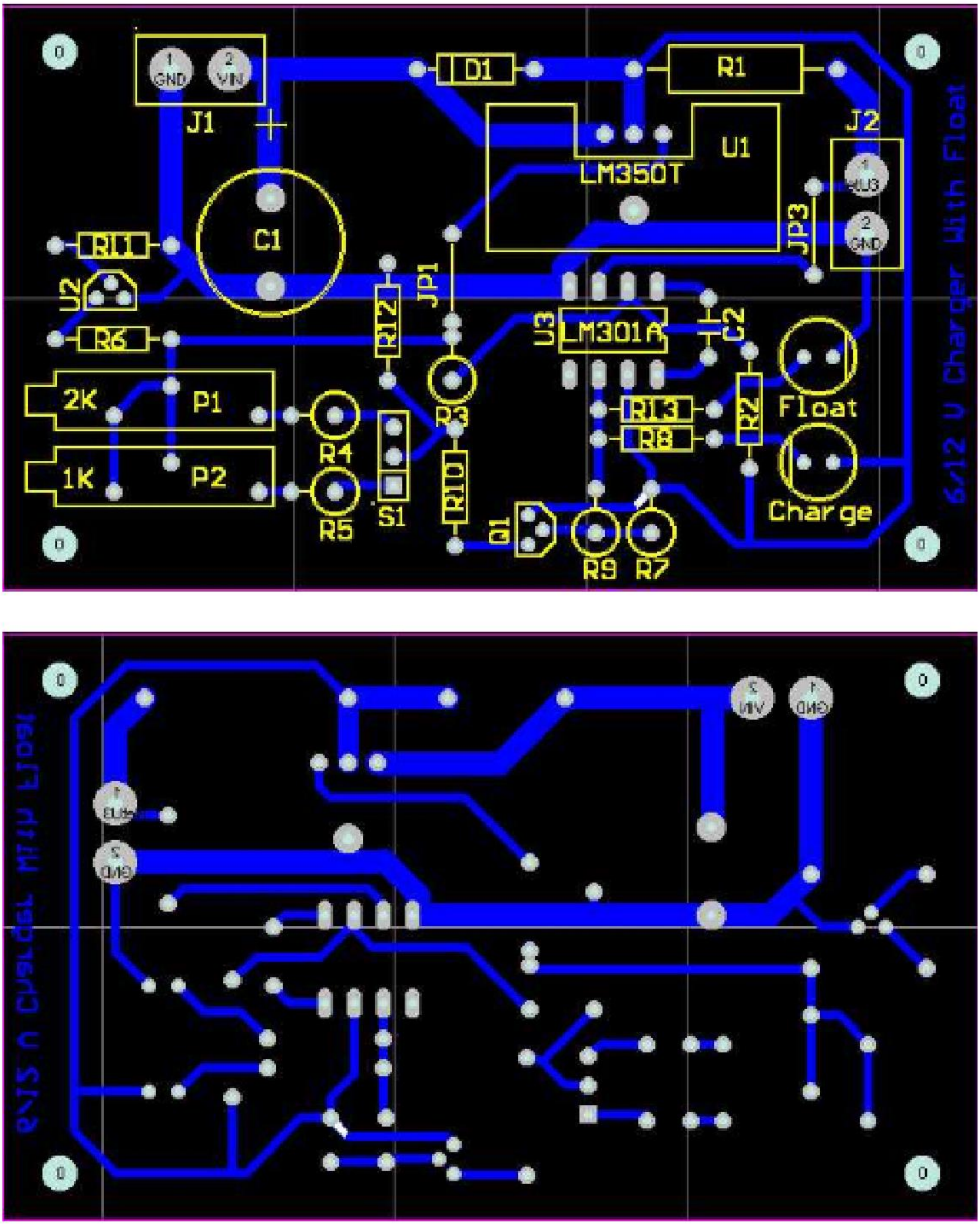
يمكننا أن نجد تقريباً 18mV بين النقطتين A&B ويعتمد ذلك على نوع العناصر الالكترونية المستخدمة. حيث يمر تيار 2.3A عند النقطة C. يجب التأكد من أن قيمة المكثف C1 على الأقل ضعف جهد الدخل. والمكثف C2 هو مكثف صغير. وجب عدم استعمال هذه الدارة مع بطاريات LA المغلقة.



الشكل ٤,١٤: دارة شاحن بطارية **LA**.



الشكل ٤,١٥ أجل المنظم **LM334**.



الشكل ٤,١٦: الدارة المطبوعة

الفصل الخامس Chapter 5

طرق التفريغ

نظرة عامة (Overview):

يقدم هذا الفصل نظرة شاملة عن طرق تفريغ البطاريات، حيث سنتحدث أولاً عن أساسيات التفريغ، لننتقل بعدها لحساب زمن تشغيل البطارية. وبعدها ننتقل لنتحدث عن التفريغ في درجات حرارة متفاوتة.

١,٥ طرق التفريغ (Discharging Methods):

إن الغرض من البطارية هو تخزين وتحرير الطاقة في الزمن المرغوب والأسلوب المتحكم به، هنا سوف نتطرق لشرح طرق التفريغ تحت نسب C مختلفة كما سنخمن العمق لمعرفة البطارية التي يمكن أن تستنفذ طاقتها بأمان، وسنلقي نظرة على نسب الشحن والتفريغ والمعروفة أيضاً باسم C-Rate.

التفريغ العميق:

إن جهد انتهاء التفريغ لبطاريات حمض-رصاص هو 1.75V/cell وللنيكل 1.00V/cell ومعظم بطاريات الليثيوم بحدود 3.00V/cell. عند هذا المستوى، فإن 95% تقريباً من الطاقة يتم صرفها والجهد يبدأ بالهبوط بشكل سريع إذا استمرت عملية التفريغ، ولحماية البطارية من زيادة التفريغ، فإن معظم الأجهزة تمتنع عن العمل تحت جهد نهاية التفريغ المحدد لكل نوع.

عند إزالة الحمل بعد التفريغ، يتم استعادة الجهد للبطارية بشكل صحيح وتدريجي ويرتفع الجهد نحو قيمته الاسمية. إن الاختلافات في نوعية معادن الالكترودات تمكن البطارية من تحمل الجهد عند نهاية التفريغ البطارية. البطاريات القديمة الاستخدام مع تفريغ ذاتي مرتفع لا تستطيع استعادة الجهد بسبب الحمل الطفيلي.

إن تيار الحمل العالي يخفض من جهد البطارية، وعتبة جهد نهاية التفريغ يجب ضبطها بشكل أفضل وفقاً لذلك. إن المقاومة الداخلية، الأسلاك، دارات الحماية و المتصلات كلها تضاف إلى المقاومة الداخلية الكلية.

إن فرق الجهد يجب أيضاً تخفيضه أثناء التفريغ في درجات الحرارة الباردة جداً. وهذا يمكن تعويضه بشكل أكبر من المقاومة الداخلية الطبيعية.

الجدول ١,٥ يبين جهود انتهاء التفريغ النموذجية لكيميائيات بطاريات مختلفة:

نهاية التفريغ	Li-manganese	Li-phosphate	Lead-Acid	NiCd-NiMH
الحمل الطبيعي	3.00V/cell	2.70V/cell	1.75V/cell	1.00V/cell
الحمل الحرج أو الثقيل	2.70V/cell	2.45V/cell	1.40V/cell	0.90V/cell

الجدول ١,٥ يبين جهد نهاية التفريغ التي ينصح بها تحت الحمل الطبيعي والحمل الحرج.

إن جهد نهاية التفريغ الأخفض عند الحمل المرتفع يعوض الخسارات المتحرضة عن طريق المقاومة الداخلية للبطارية.

إن بعض أجهزة تحليل البطاريات تطبق تفريغ ثانوي (إعادة تكيف) والتي تقوم بتصريف جهد بطارية النيكل 0.5V/cell أو أقل ، أو يمكن القول بأنها نقطة القطع التي تكون تحت بند تخصيص المصنِّع.

هذه المحللات (من شركة Cadex) تحافظ على حمل التفريغ منخفضاً ليبقى متوافقاً مع التيار المسموح به طالما أنه ضمن مجال التفريغ الثانوي.

١,١,٥ ما الذي يكون دورة التفريغ؟

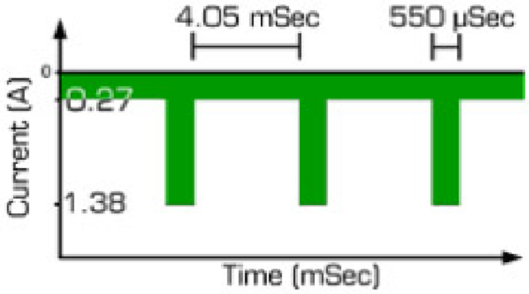
إن معظم دورات شحن/تفريغ غير المفهومة كحالة تسليم كل الطاقة المختزنة مثلاً، وهذه الحالة ليست موجودة دوماً، فبدلاً من عمق تفريغ 100%، فإن المصنعين يحددون نسب البطاريات بـ 80% عمق تفريغ، وهذا يعني أن 80% من الطاقة المتوفرة يتم تسليمها وال 20% المتبقية تكون احتياطية.

إن التفريغ الكامل الأقل يزيد من دورة حياة خدمة البطارية، ويتناقش المصنعون عن أن هذا أقرب لتمثيل الحقل لأن البطاريات نادراً ما تفرغ بشكل كامل قبل إعادة شحنها.

لا توجد هناك معايير تميز عملية تشكل دورة التفريغ. البطاريات الذكية تحافظ على مسار العد لدورات التفريغ تتطلب عمق تفريغ بحدود 70% لتمييز دورة التفريغ. وأي شيء أقل لا يمكن عده كدورة، وهناك العديد من التطبيقات الأخرى التي يكون تفريغ البطارية فيها أقل، فعلى سبيل المثال: تشغيل السيارة يفرغ بطاريتها بأقل من 5%، وعمق التفريغ في الأقمار الصناعية يبلغ من 6-10% قبل أن تبدأ البطاريات الداخلية بإعادة الشحن، وأكثر من ذلك، السيارة الهجينة تستخدم فقط معامل السعة خلال تسارعها قبل إعادة شحن بطاريتها من جديد.

٢,١,٥ ومضة التفريغ:

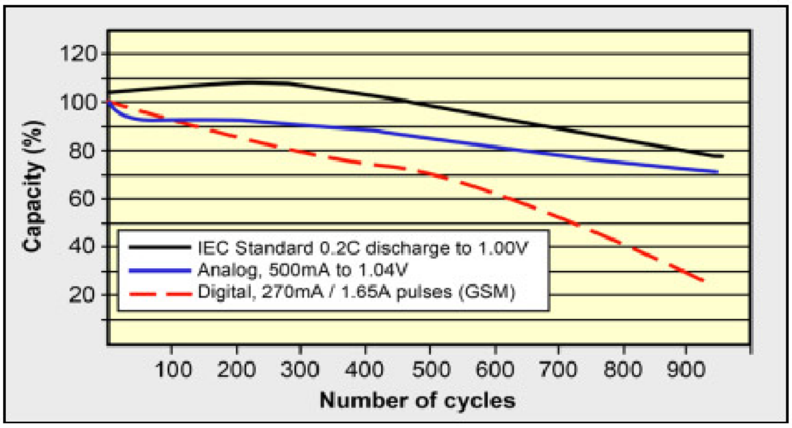
إن التفريغ الكلاسيكي للبطاريات هو أن تقوم للبطارية بتسليم كامل احتياطها، فمثلاً ضوء الكشاف له نسبة تفريغ 0.2C يمكن اخذه كمثال، العديد من التطبيقات تتطلب أحمال متحركة عند ضعف وثلاثة أضعاف نسب C للبطارية، ونظام GSM (النظام العالمي للاتصالات المتنقلة) للهاتف الخلوي يمكن أخذه كمثال (الشكل ١,٥). إن هذا النظام يقوم بتحميل البطارية بـ 2A عند نسبة نبضات 577µs. وهذا متطلب ضخم لجميع بطاريات 1000mAh الصغيرة، على أية حال، مع وجود تردد عالي فالبطارية تسلك سلوك مكثف وتتغير بالتالي خصائصها.



الشكل ١,٥: نبضة GSM لهاتف خلوي.

إن نبضات ال 577µs تعدل بواسطة الحقل ويمكن أن تصل لـ 2A.

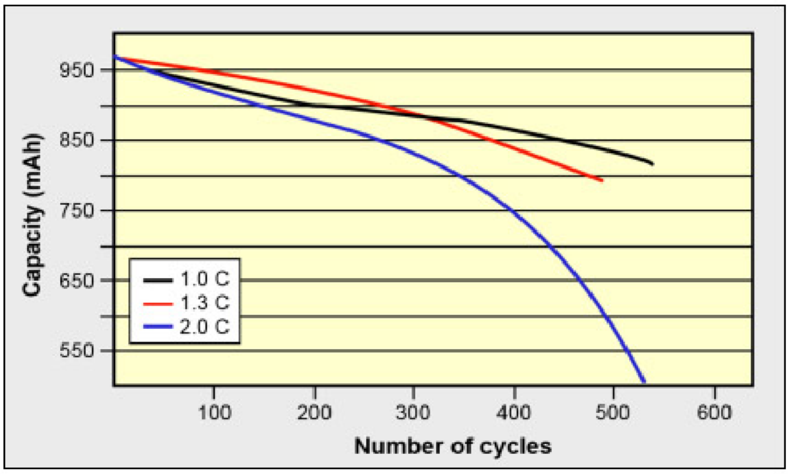
في شروط حياة الدورة، التيار المعتدل عند تفريغ ثابت يكون أفضل من الأحمال النبضية أو الأحمال المؤقتة المرتفعة. الشكل ٢,٥ يظهر تناقص سعة بطارية NiMH عند ظروف تحميل مختلفة وتتضمن تفريغ مستمر لطيف عند نسبة 0.2C أي تفريغ تماثلي وتفريغ نبضي. إن حياة الدورة لكيميائيات البطاريات الأخرى تكون متشابهة تحت ظروف التحميل.



الشكل ٢,٥: حياة دورة NiMH تحت شروط تشغيل مختلفة.

تؤدي بطارية NiMH بشكل أفضل مع الأحمال المستمرة والتماثلية، فالأحمال الرقمية تخفض من حياة الدورة، ولبطاريات الليثيوم أيضاً نفس سلوك هذه البطارية.

الشكل ٣,٥ يوضح أن عدد الدورات الكاملة لبطارية ليثيوم مع مهبط كوبالت تستطيع تحمل التفريغ تحت نسب C مختلفة أي عند تفريغ 2C، حيث تتعرض البطارية لإجهاد أعلى من 1C، يمكن تحديد عدد الدورات لحوالي ٤٥٠ دورة قبل هبوط السعة لنصف مستواها.



الشكل ٣,٥: حياة دورة Li-Co عند مستويات تفريغ متفاوتة.

لوقت طويل، اعتبرت بطاريات الليثيوم أيون هشة وسهلة الكسر وغير ملائمة للأحمال العالية، ولكن هذا تغير اليوم، فاليوم هناك العديد من أنظمة الليثيوم أكثر متانة من كيميائيات النيكل أو الحمض الأقدم. إن نوعي المنغنيز والفوسفات لبطاريات الليثيوم تسمح بتفريغ مستمر بنسبة 30C، وهذا يعني أن الخلية المقدرة بـ 15mAh يمكن أن تزودنا بكل الاحتياطي من 45A، وهذا بدأ إنجازه بشكل أساسي عن طريق خفض المقاومة الداخلية من خلال

تحسين المنطقة السطحية بين مواد الخلية الفعالة. المقاومة المنخفضة تبقي درجة الحرارة منخفضة، وتعمل عند تيار تفريغ أعظمي. تسخن الخلايا لحوالي 50ºC، والحرارة الأعظمية بحدود 60ºC.

٣,١,٥ بعض الإرشادات حول تفريغ البطاريات:

- إن أداء البطارية يتناقص في درجات الحرارة الباردة ويزداد مع ازديادها.
- إن التسخين يرفع من أداء البطارية لكنه يقصر عمرها بمعامل يبلغ درجتين لكل 10ºC زيادة فوق 25ºC-30ºC.
- بالرغم من أن أداء البطاريات أفضل عند تدفئتها، فإن البطارية تعمل لفترة أطول في الحرارة الباردة.
- إن تشغيل البطارية عند درجات الحرارة الباردة لا يسمح آلياً بالشحن تحت هذه الشروط، حيث يجب الشحن فقط عند الحرارة المعتدلة.
- بعض البطاريات تتقبل عملية الشحن تحت مستوى التجمد لكن مع تيار شحن أقل بكثير، حيث يجب التحقق من مواصفات المنتج ونصائح التصنيع.
- يمكن استعمال أغطية تسخين إذا احتجنا لشحن سريع عند درجات الحرارة الباردة.
- يجب منع حدوث زيادة تفريغ، فعكس قطبية الخلية قد يسبب قصراً كهربائياً.
- إن التفريغ المستمر المعتدل أفضل للبطارية من التحميل النبضي والجمعي.
- تسلك البطارية سلوك مكثف في خصائصها أثناء تفريغها عند تردد عالي، وهذا يسمح بتيارات الذروة أعلى من الممكنة مع الأحمال المستمرة.
- إن بطاريات الرصاص ذات تفريغ بطيء وتتطلب عدة ثواني لاستعادتها بين الأحمال الحرجة الثقيلة.

٢,٥ حساب زمن تشغيل البطارية (Calculating the Battery Runtime):

إذا افترضنا أن للبطارية مصدر قدرة ممتاز ويسلك سلوكاً خطياً، فإن زمن التفريغ يمكن حسابه وفقاً لكمية التيارات الداخلة المتدفقة، أي أن "ما يدخل البطارية يساوي ما يخرج منها بنفس المقدار" وكمثال:

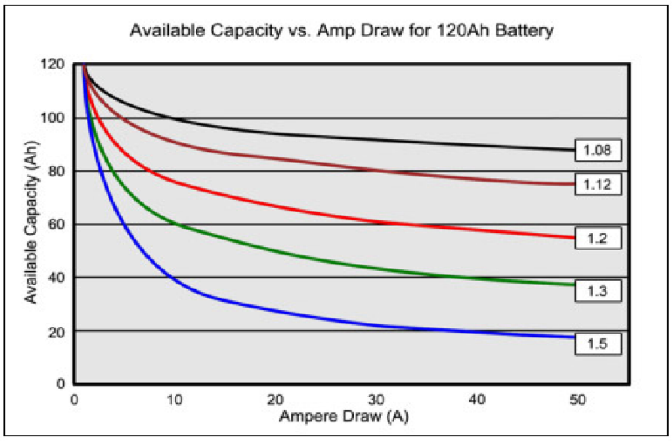
الشحن بتيار 5A لساعة واحدة يكافئه تفريغ 5A خلال ساعة أو 1A خلال ٥ ساعات، ولكن في الحقيقة، هذا غير ممكن بسبب الضياعات الفعلية، فالخرج أقل دائماً من الدخل، والخسارات تتصاعد مع زيادة الحمل كما أن تيارات التفريغ العالية تجعل البطارية أقل كفاءة.

إن عامل الكفاءة لتفريغ البطاريات يعبر عنه بقانون Peukert نسبة للعالم الألماني Peukert، هذا القانون كان متنبهاً لهذه للخسارة، حيث ابتكر صيغة تعبر عن الخسارة بأرقام عند نسبة تفريغ معطاة.

بسبب الأداء البطيء لبطاريات LA، فإنه يتم تطبيق أرقام Peukert غالباً على كيميائية هذه البطارية وتساعد بذلك على حساب السعة أثناء تحميلها عند نسب تفريغ متفاوتة.

إن قانون Peukert يأخذ بالحسبان المقاومة الداخلية ونسبة الاستعادة للبطارية. إن القيمة القريبة من [1] تشير للأداء الجيد للبطارية مع كفاءة جيدة، وخسارة صغيرة جداً، كما إن قانون Peukert ذو صيغة أسية والقراءات لل LA تتراوح بين 1.3 & 1.4.

إن بطاريات النيكل لديها أرقام منخفضة والليثيوم أفضل منها، الشكل ٤,٥ يشرح السعة المتوفرة كتابع للأمبير مع نسب Peukert مختلفة.



الشكل ٤,٥: السعة المتوفرة لبطارية LA عند أرقام Peukert من 1.08–1.50.

القيمة الأقرب لـ ١ تمثل الخسارة الأصغر والأرقام تسلم سعات أخفض.

إن جميع البطاريات تحتاج لاستعادة، ومع أنظمة النيكل والليثيوم فإن التفاعل الكهروكيميائي أسرع من بطاريات حمض-رصاص.

إن زمن التشغيل في الأجهزة المحمولة يرتبط بالطاقة النوعية المشار إليها بال Ah (في الأجهزة الشخصية يعبر عنها ب mAh).

إن السعة Ah هي مؤشر أداء يعمل بشكل أفضل عند تيارات التفريغ المنخفضة، عند الأحمال الأعلى، فإن المقاومة الداخلية تلعب دوراً مهماً في القدرة على تسليك الطاقة حيث يمكن تمثيل المقاومة ب "حارس البوابة".

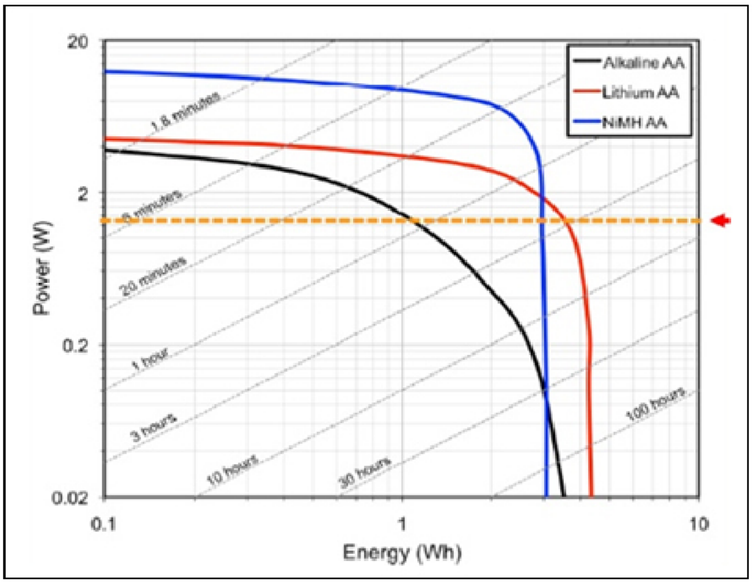
الطاقة في ال Ah تمثل السعة المخزنة المتوفرة للبطارية وهي مسؤولة عن زمن التشغيل والقدرة محكومة بتيار الحمل.

إن هاتين الخاصتين تكونان في حالة حرجة في الأجهزة الرقمية التي تتطلب أزمنة تشغيل طويلة والتي يجب عليها أيضاً تسليم نبضات تيار عالية.

إن ال Ah ليست مؤشر زمن تشغيل موثوق والعلاقة بين السعة والإمكانية على تسليم التيار تكون أفضل لها لو تم تمثيلها بمخطط "Rangone" وذلك نسبة للعالم *David V.Rangone*، إن مخطط رانغون يقيم البطارية بناءً على طاقتها ويقوم أيضاً بتمثيل القدرة فيها.

الشكل ٥,٥ يشرح مخطط رانغون في الكاميرات الرقمية التي تعمل ببطاريات قلوية، NiMH، أو Li-FeS2 باستطاعة 1.3W، ال 1.3Watt عند جهد 3V تعطي تيار 433mA.

إن المحور الأفقي يظهر الطاقة بال Watt/hours والمحور العمودي يظهر القدرة بالوات. إن المقياس المتبع هو مقياس لوغاريتمي وذلك للسماح باختيار واسع لأحجام البطارية.



الشكل ٥,٥: مخطط رانغون يوضح أداء البطارية مع ظروف تحميل متفاوتة.

إن الكاميرات الرقمية NiMH، LiFeS2 والقلوية مع نبضات 1.3W طبقاً للمعيار ANSI.

C18.1 له النتائج التالية:

- Li- FeS2 690 pluses
- NiMH 520 pulses
- Alkaline 85 pulses

الطاقة = السعة × الجهد. $E=C\times V$.

القدرة = التيار × الجهد. $P=V\times I$.

إن الخط المنقط يمثل الطلب على القدرة للكاميرات الرقمية، كل البطاريات الثلاث لديها نسب Ah متشابهة.

إن بطارية NiMH تسلم أعلى قدرة بينها ولكن أقل طاقة نوعية بينهم أيضاً. إن هذه البطارية تعمل بشكل جيد عند الأحمال العالية مثل أدوات القدرة (التجهيزات الاستطاعية).

إن بطارية Li-FeS2 تقدم طاقة نوعية عالية ولكن لديها شروط تحميل معتدلة، حيث إن الكاميرات الرقمية والأدوات الطبية الشخصية يناسب نظام البطاريات هذا بشكل جيد.

البطارية القلوية تقدم حلاً اقتصادياً من أجل تصريف التيارات الأخفض مثل أضواء الكشافات، أجهزة التحكم عن بعد، ساعات الحائط.

٣,٥ التفريغ عند درجات الحرارة الباردة والمرتفعة (Discharging at L&H temp):

إن التفريغ عند درجات الحرارة الباردة والمرتفعة يتم كما في الجسم البشري، حيث تعمل البطاريات بشكل أفضل عند درجة حرارة الغرفة، وأي انحراف نحو الحرارة الزائدة أو البرودة المتجمدة سيغير الأداء و/أو طول عمر البطارية. إن تشغيل البطارية عند درجات حرارة مرتفعة بشكل مؤقت يحسن الأداء عن طريق تخفيض المقاومة الداخلية وتسريع الأيض "التمثيل" الكيميائي، ولكن مثل هذه الشروط تقصر من عمر البطارية إذا سمح لها بالاستمرار لفترة زمنية طويلة.

إن الحرارة الباردة تزيد من المقاومة الداخلية وتقلل من السعة. البطاريات التي قد توفر سعة ١٠٠% عند حرارة 27ºC ستقوم بتسليم 50% سعة فقط عند 18ºC بشكل نموذجي.

إن تناقص السعة يكون خطياً مع درجة الحرارة.

تؤدي بطاريات ليثيوم أيون بشكل أفضل عند درجات الحرارة العالية أكثر من المنخفضة. إن التسخين يخفض المقاومة ولكن هذا يجهد البطارية.

تستعمل بطارية ليثيوم بوليمير الحافة الصلبة التسخين من أجل السماح للأيونات بالتدفق بما يسمى "البطارية البلاستيكية الحقيقية". تتطلي هذه البطارية حرارة نواة تبلغ من 60ºC إلى 100 ºC لتنتقل إلى حالة الناقلية. إن هذه البطارية Li-Polymer وجدت سوقاً متخصصة للتطبيقات الكهربائية الثابتة في المناخات الدافئة حيث تكون الحرارة ميزة عمل بدل كونها سيئة تضر بالبطارية. إن عناصر التسخين الداخلي تحافظ على عمل البطارية في جميع الأوقات. إن كلفة البطارية المرتفعة واعتبارات الأمان حد من تطبيق هذه التكنولوجيا. إن أكثر أنواع الليثيوم بوليمير شيوعاً تستخدم الكترودأ رطباً لتحسين الناقلية.

يمكن للبطارية أن تكون في أوج عطائها إذا استخدمت في حرارة 20 ºC أو أقل بشكل طفيف، وبطاريات النيكل تنخفض بسرعة عند تدويرها في درجات حرارة مرتفعة. على سبيل المثال، إذا تم وضع بطارية في وضعية تشغيل عند درجة حرارة 30 ºC بدلاً من درجة حرارة الغرفة، فإن حياة الدورة تقل بنسبة 20%. عند حرارة 40 ºC فإن هذه الخسارة تقفز بشكل هائل، وإذا تم شحتها وتفريغها عند حرارة 45 ºC، فإن حياة الدورة تبلغ نصف الحالة التي تكون فيها في أوجها.

إن أداء الكيميائي لجميع البطاريات ينخفض بشدة عند درجات الحرارة المنخفضة. عند حرارة -20 ºC فإن معظم بطاريات النيكل والليثيوم والحمض تتوقف عن العمل. بالرغم أن حرارة النيكل كادميوم يمكن أن تنخفض إلى -40ºC، إن التفريغ الجائز يبلغ فقط 0.2C (٥ ساعات). بالنسبة لبطاريات حمض–رصاص فلدينا خطر تجمد الالكترود. إن تجمد بطاريات Lead-acid أكثر سهولة عند الشحن المنخفض عندما يكون الوزن النوعي للالكترود أكثر قرباً لوزن الماء.

إن ربط الخلايا باستخدام خلايا من نفس السعة يلعب دوراً مهماً أثناء التفريغ عند درجات الحرارة المنخفضة تحت الحمل العالي. إن زيادة التفريغ في الأحمال العالية والحرارة المنخفضة تعد أكبر مساهم في فشل البطارية في أدوات القدرة اللاسلكية ، خصوصاً مجموعات النيكل، تأتي مجموعات الليثيوم مع دارات حماية وتنخفض بذلك نسبة الفشل.

إن مستخدمي العربات الكهربائية يحتاجون لمعرفة مسافة القيادة المحددة لكل عملية شحن تتم تحت درجة الحرارة الطبيعية، البرد الشديد يخفض بشكل حاد من نسبة المسافة المقطوعة بالأميال. بالنتيجة تقلل الحرارة الباردة من قدرة بطارية السيارة على البقاء مشحونة لتلبية حاجة السيارة لمدة طويلة.

الفصل السادس Chapter 6

فحص ومراقبة البطاريات

نظرة عامة (Overview):

يقدم هذا الفصل نظرة شاملة عن طرق فحص ومراقبة البطاريات، إضافة للحديث عن أجهزة فحص البطاريات العالمية، وسنتطرق للحديث عن طرق فحص بطاريات LA وبطاريات النيكل وبطاريات الليثيوم.

١,٦ أجهزة اختبار البطاريات (Battery Test Equipment's):

يتم اختبار البطاريات عموماً عن طريق قياس السعة عند التفريغ الكامل. فحيث أن الجهد والمقاومة الداخلية توفران مؤشرات تقريبية عن حالة البطارية، فإن هذه القراءات لا تستطيع كشف السعة، أو مؤشر صحة البطارية. فالجهد والمقاومة تقومان بكشف الأمور الشاذة في البطارية المعيبة فقط. معظم البطاريات تحتفظ بجهد طبيعي ومقاومة منخفضة طالما أن السعة تبهت تدريجياً مع تقدم سن البطارية.

يجري الآن التوجه نحو نمط الفحص السريع. بكل حال، فإن الطرق الحالية توفر فقط تخميناً لأداء البطارية وبنتائج غير دقيقة. إن طرق الفحص السريع تعكل بشكل جيد مع مجموعات بطاريات الليثيوم أيون وحيدة الخلية. لأن الوصل التسلسلي أو التفرعي قد يشوه القراءات. تقوم منظمات السلامة العامة، والمنظمات الدفاعية والطبية بتطبيق دورات شحن/تفريغ كاملة بشكل دوري، وهذا يعد طبيعياً مع أجهزة تحليل البطاريات.

١,١,٦ محلل البطاريات:

لاقت هذه الأجهزة شعبية كبيرة بين الأعوام ١٩٨٠ و ١٩٩٠ وذلك بسبب التأثير الذاكري على بطاريات NiCd في تلك الفترة. اليوم، تستخدم أجهزة التحليل في خدمة المجموعات المتمايزة التي لا تلبي المتطلبات.

إن محللات البطاريات النموذجية هي سلسلة محللات Cadex C7000، والتي تخدم تشكيلة واسعة من البطاريات. هذه الأجهزة تلائم بطاريات النيكل والليثيوم والحمض-رصاص. إن ميزة الأتمتة في هذه المحللات تخدم كلاً من البرامج ونمط العمل المنفرد.



الشكل ١,٦ محلل بطاريات Cadex C7400ER.

محلل بطارية ذو أربع محطات تحليل يخدم بطاريات ذات جهود تصل لـ 36V و 6A لكل أمبير. إن موائمات البطاريات العامة والخاصة تلائم بطاريات النيكل والليثيوم وال LA.

تحتوي محللات Cadex على برمجيات محددة حسب الطلب والتي يمكن للمستخدم فيها من ضبط خيارات الشحن، التفريغ، التجديد، الانتظار والتكرار. يقوم برنامج دورة حياة البطارية بتدوير البطارية حتى تهبط السعة إلى سعة الهدف المقررة أثناء عد الدورات المستلمة. إن فحص الأوم يقيس المقاومة الداخلية، وتفريغ أزمنة التشغيل عند ثلاث مستويات تصنيف بطاريات الليثيوم أيون خلال ٣٠ ثانية إلى ٣ أصناف جيدة، منخفضة، سيئة. البرامج الأخرى تتضمن تفريغاً ذاتياً لقياس الضياعات خلال ٢٤ ساعة، والتجهيز لتهيئة البطاريات الجديدة والمخزنة للاستعمال المحلي.

إن وصل البطاريات للخدمة كان يشكل دوماً التحدي الأبرز. ولكن شركة Cadex استطاعت حل هذه المشكلة عن طريق وصل البطارية مع نظام الموائمة SnapLock™ الذي يتضمن موائمات مخصصة للبطاريات العامة والموائمات العامة للمجموعات الخاصة.

إن الموائم الخاص سهلة الاستخدام كونها مصممة لنوع بطارية محدد. يتضمن الموائم شيفرات ضبط تخزن ١٠ أنواع بطاريات فريدة وحساس حراري لمراقبة الحرارة. يتم وصل الموائم مع المحلل. إن عملية التعديل ممكنة مع القائمة الوظيفية الرئيسية للمحلل أو عبر برمجيات PC-BatteryShop.

ومع انتشار بطاريات الهواتف الخلوية على نطاق واسع ومع تزايد الحاجة إلى تبديل البطاريات بشكل بسيط وسريع، فقد طورت شركة Cadex تقنية RigidArm™. وأما بخصوص الجزء الثالث لهذه التقنيات فهو ببساطة الكابلات الذكية، الشكل ٢,٦ يبين حساس درجة الحرارة لمراقبة حرارة البطارية.



الشكل ٢,٦ الكابل الذكي القابل للبرمجة.

يخزن هذا الكبل ١٠ أنواع بطاريات مختلفة، وتتم برمجته عن طريق القائمة الرئيسية للمحلل أو عن طريق برمجية PC-BatteryShop.

مع وجود برمجية PC-BatteryShop™. يصبح الحاسب هو السيد أو المسيطر والمحلل يصبح التابع أو Slave، وبالنقر بالفأرة على أي نوع بطاريات من البطاريات الـ ٢٠٠٠ المؤرشفة ضمن البرنامج أو عن طريق قراءة الباركود لماركة البطارية يمكّننا من ضبط المحلل على الإعدادات الصحيحة. يمكن توسيع المكتبة بإضافة موديلات بطاريات جديدة أو تحميل آخر تحديثاتها من الموقع العام لشركة المحلل. يمكن لهذه البرمجية عرض وقراءة الرسوميات والمنحنيات بالزمن الحقيقي كما أنها قادرة على تشغيل ٣٢ جهاز تحليل لخدمة ١٢٨ بطارية بشكل لحظي.



الشكل ٣,٦: برمجية **PC-BatteryShop™**.

بما أن أجهزة تحليل البطاريات تستخدم بشكل أساسي كأدوات خدمة، فإن أنظمة فحص البطاريات توفر وظائف فحص متعددة الأغراض لمراكز البحث العلمي. إن التطبيقات النموذجية هي دورة الحياة وفحص الإجهاد لتمكين الاستعمال المحلي للبطاريات، والعديد من هذه الاختبارات تكون مؤتمتة.

إن نظام فحص البطاريات Cadex C8000 المبين في الشكل ٤,٦ هو نظام مؤتمت. حيث يمكن قياس زمن التشغيل عن طريق التقاط وتخزين ومضات الحمل من الهاتف المحمول، الحاسب المحمول وأدوات القدرة وبعدها تتم مضاعفة هذه الومضات في المختبر.

في حال احتجنا لتيارات تفريغ أعلى من 10A، فإن جهاز Cadex C8000 يقوم بالاتصال إلى مصارف الأحمال الخارجية المحددة. إن هذا النظام يشكل نظام مختبر يتحكم بحجرات بيئية، يراقب الإشارات التماثلية ويطلق إنذارات للمستخدم. يقدم هذا النظام برامج شحن وتفريغ آمنة تستطيع تمييز البطاريات المتضررة من السليمة. ويمكنه تحمل أقسى ظروف العمل.



الشكل ٤,٦ نظام فحص البطاريات Cadex C8000.

أربعة أقنية مستقلة توفر كل منها تيار 10A وجهد 36V. الاستطاعة الأعظمية للشحن هي 400W. والتفريغ عند

٢,٦ فحص بطاريات حمض–رصاص (Testing Lead-Acid Battery):

العديد من مصنعي فاحصات البطاريات يدعون بقدرتها على إجراء الفحص بسرعة فائقة. حيث تعمل هذه المعدات بشكل جيد في إيجاد عيوب البطارية والتي تتضمن الجهود الشاذة والمقاومة الداخلية المرتفعة، لكن معايير الأداء الأخرى تبقى مجهولة. يجب التذكير بأن الفواحص التي تعتمد على قياس المقاومة الداخلية يمكنها قياس السعات المخادعة. إن الميزات التي يتم الإعلان عنها في معدات الفحص والتي لا تتضمنها هذه المعدات تشوش على الصناع الذين يعتقدون أن نتائج الفحص متعددة الأوجه تكون سهلة المنال باستخدام طرق الفحص الأساسية. فمصنعي هذه المعدات يدركون التعقيد الحاصل. سنلقي نظرة على تاريخ فاحصات بطاريات LA وما الذي تستطيع هذه الفاحصات فعله.

أول هذه الفواحص كان ما يسمى "Carbon Pile" أو كومة الكربون، والذي ظهر في العام ١٩٨٠م، حيث يقوم بتطبيق حمل مستمر لفترة قصيرة لبطارية البدء، مشابهاً لما يفعله المحرك في السيارة. فهبوط الجهد واستعادة الزمن يزودان الفاحص بمؤشر تقريبي عن صحة البطارية. إن الميزة الرئيسية تكمن في القدرة على اكتشاف البطاريات التي تفشل بسبب وجود خلية مقصورة (يعود ذلك للوزن النوعي المنخفض للخلية بسبب وجود التفريغ الذاتي المرتفع). تخمين القدرة، بكل الأحوال، غير ممكن، والبطارية التي لديها حالة شحن منخفضة تظهر ضعفها مباشرة. بكل حال، الميكانيكي الماهر، يستطيع اكتشاف البطارية الفاشلة بناءً على إشارة الجهد وسلوك الحمل. من أجل إجراء اختبار CCA مرور/فشل، يتم تحميل بطارية البدء المشحونة بشكل كامل بنصف قيمة النسبة CCA لمدة ١٥ ثانية. من أجل العبور، يجب إبقاء الجهد فوق 9.6V عند عشر درجات مئوية و أعلى. فدرجات الحرارة الباردة تسبب هبوطاً كبيراً في الجهد.

إن مقياس التيار المتردد المتواصل، ظهر في العام ١٩٩٢م، واعتبر آنذاك اختراقاً. تعتمد هذه الطريقة على حقن البطارية بتيار متناوب من أجل قياس المقاومة الداخلية لها. اليوم، تستخدم هذه الفواحص من أجل التحقق من نسبة CCA في بطاريات البدء والتحقق أيضاً من تغير المقاومة في البطاريات الثابتة.

ولكن من حيث كون الفاحص صغير وسهل الاستعمال، إلا أنه لا يمكنه قراءة السعة، والقيمة المقاومة تعطي فقط تقريب لقيمة النسبة CCA الحقيقية في بطارية البدء.

إن هذه الطريقة لها شهرة واسعة في أمريكا الشمالية، أما في أوروبا فيفضلون طريقة الحمل المستمر.

الآن فإن الاهتمام قد توجه نحو جهاز تحليل طيف الممانعة الكهروكيميائية EIS. حيث قامت شركة Cadex بخطو خطوة للأمام عن طريق تطوير نماذج بطاريات محددة لها القدرة على تخمين الحالة الصحية لبطاريات LA. إن مطيافية الممانعة الكهروكيميائية المتعددة الأنماط، أو تستطيع قراءة السعة، النسبة CCA، وحالة الشحن بشكل منفرد، وغير متداخل. الشكل ٥,٦ يبين فاحص البطارية المحمول Spectro CA-12 من إنتاج شركة Cadex.



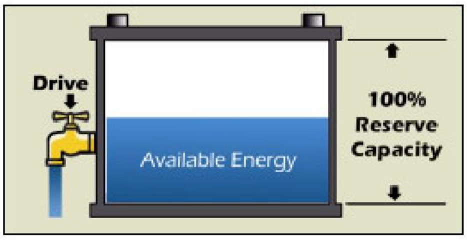
الشكل ٥,٦: فاحص البطارية المحمول Spectro CA-12.

يمكن لهذا الفاحص تحديد السعة وحالة الشحن خلال ١٥ ثانية فقط.

إن تجهيزة Spectro CA-12 المحمولة، تتضمن تقنية Spectro CA-12™ المدمجة، والتي تقوم بإثارة البطارية بإشارت ذات تردد يتراوح ما بين 20-2000Hz. إن معالج الإشارة الرقمية يقوم بحل الشيفرة المكونة من ٤٠ مليون عُلاَّمة مخصصة خلال عملية الفحص التي تستغرق ١٥ ثانية إلى نتائج مقروئة. للتحقق من البطارية، فإن المستخدم ببساطة يحدد جهد البطارية، الأمبير الساعي والمصفوفة المعينة. إن عملية الفحص يمكن إجراؤها بوجود حمل ثابت وحتى في حالة كون البطارية مشحونة بشكل جزئي، بكل حال، إذا كانت حالة الشحن أقل من 40%، فإن ينصح بشحن البطارية فوق هذه القيمة ومن ثم إجراء الفحص.

إن طريقة Spectro أكثر تطوراً من تقنية EIS، التي كانت مستخدمة لعقود. والجديد في تقنية Spectro هو استخدام النماذج المتعددة وأزمنة المعالجة السريعة. إضافة إلى الحجم والسعر المقبولين. النماذج البدائية لفواحص البطاريات كانت تكلف عشرات آلاف الدولارات إضافة إلى حجمها الكبير. ولكن نقنية Spectro مختلفة فهي لا تعتمد في جوهرها على الميكانزمات وإنما على خوارزمية معينة. فأنظمة EIS القديمة لا تستطيع استعياب كميات البيانات الهائلة المتدفقة من البطاريات. أما بخصوص أنظمة الـ EIS الجديدة والمعدلة فإن الخبراء يعتقدون بأن صناعة البطاريات تتجه نحو تقنية الـ EIS متعددة الأنماط لتخمين أداء البطاريات.

الأشكال 6,7,8 تظهر مشاكل البطاريات النموذجية وكيفية قدرة تقنيات الفحص الحديثة على كشف هذه المشاكل.



الشكل ٦,٦: الشحن منخفض.

الطاقة منخفضة، يمكن لتقنية Spectrora قراءة حالة الشحن وتخمين السعة بشكل صحيح رغم انخفاض الشحن



الشكل ٧,٦: السعة منخفضة.

للبطارية طاقة جيدة، ولكن لها زمن تشغيل قصير. ال Spectrora تستطيع قراءة الممانعة والسعة المنخفضة.



الشكل ٨,٦: المجموعة معيبة.

تستطيع Spectrora إيجاد الأداء المنخفض وقصر البلوكات بشكل سلسلة.

١,٢,٦ المصفوفات:

إن أجهزة القياس مثل جهاز Spectro CA-12™ ليست أجهزة عملية قادرة على تخمين السعة لأي بطارية. فهي تحتاج مصفوفات محددة للبطارية، أو ما يعرف بخوارزمية التقدير النموذجية، حيث تتكون هذه الخوارزمية من ثلاث طرق:

- المدرج (Scalar): إن فحص مدرج القيمة المفردة يأخذ القراءات ويقوم بمقارنتها مع القيم المرجعية. أثناء فحص البطارية يمكن لهذه الطريقة قياس الجهد، وبعدها تستجوب البطارية عن طريق تطبيق نبضات تفريغ أو حقن تردد ما وبعدها يتم مقارنة النتيجة المشتقة مع النقطة المرجعية الوحيدة. تعتبر هذه الطريقة بسيطة، ومعظم الأحمال المستمرة وفواحص التيار المتردد الموصلة الوحيدة التردد تستخدم هذه الطريقة.
- الموجه (Vector): تقوم هذه الطريقة على تطبيق نبضات بتيارات مختلفة، أو تهييج البطارية عن طريق ترددات عدة. وتقييم النتائج مقابل نقاط التوجيه من أجل دراسة البطارية تحت شروط الإجهاد المختلفة. ولكن بسبب التعقيدات المضافة في تقييم مؤشرات البيانات المختلفة وبسبب الفوائد المحدودة، فإن هذه الطريقة تستخدم بشكل نادر.
- المصفوفة (Matrix): تقوم هذه الطريقة على مسح البطارية بواسطة طيف ترددي، وتعتبر طريقة مطورة عن طريقة Scalar والتي شكلت الأرضية لظهور طريقة Spectrora ، حيث يمكنها توفير أكثر

المعلومات عمقاً ولكنها تكون معقدة من ناحة تقييم البيانات المولدة.ومع وجود خوارزمية ملكية، فإن تقنية Spectrora قادرة على تخمين سعة البطارية، الـ CCA وحالة الشحن.

الجدول ١,٦ يبين دقة قراءات البطارية باستخدام نظريات فحص متعددة.

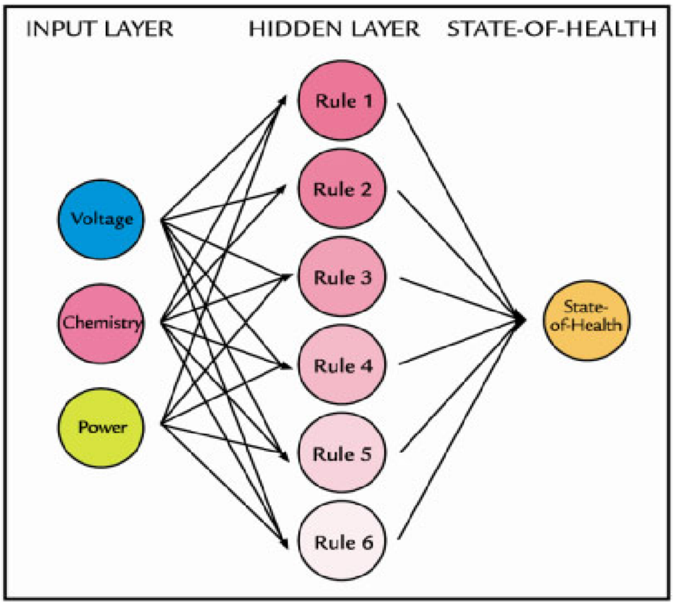
وحدات القياس	Scalar Single value	Vector One-dimensional set of scalars	Matrix Multi-dimensional set of scalars
CCA		دقة بحدود 60–70%	دقة بحدود 90–95%
السعة		غير معروف	دقة 80–90%
حالة الشحن		أساها قياس حالة الجهد، وتتطلب راحة بعد كل عملية شحن وتفريغ.	دقة 90–95% مع البطاريات الجديدة.

الجدول ١,٦: دقة قراءات البطارية باستخدام نظريات فحص متعددة.

٣,٦ فحص بطاريات النيكل (Testing Nickel Batteries):

لبطاريات النيكل خصائص فريدة. وشركة Cadex طورت طريقة اختبار سريعة لأنظمة البطاريات هذه تسمى "QuickTest™" أو الفحص السريع. حيث تستغرق عملية الفحص ٣ دقائق وتستخدم خوارزمية استدلال.

الشكل ٩,٦ يشرح التركيب العام للخوارزمية المطبقة.



الشكل ٩,٦: البنية "QuickTest™".

المتغيرات المتعددة تغذي المتحكم الصغري. بينت هذه الخوارزمية بالمنطق الضبابي المتوازي، حيث أن البيانات تعدل وتثقل وفقاً لتطبيق البطارية.

إن الطريقة "QuickTest™ " تقوم بدمج البيانات من ستة متحولات، والتي هي السعة، المقاومة الداخلية، التفريغ الذاتي، تقبل الشحن، سعات التفريغ وحركة الالكترودات. إن خوارزمية التعليم الموجه تقوم بتوحيد البيانات للحصول على قراءة الحالة الصحية للبطارية بشكل موثوق. يستخدم النظام مصفوفات مخصصة للبطارية ومخزنة في وصلات البطارية إلى جهاز التحليل المصمم من شركة Cadex. يمكن للمستخدم إنشاء مصفوفة حقلية عن طريق

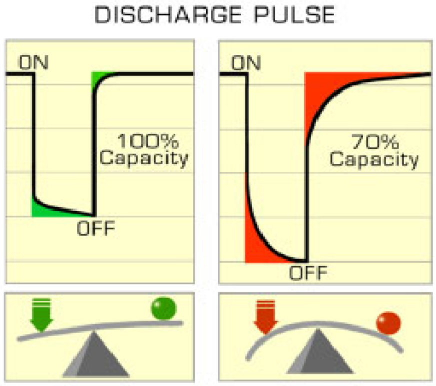
مسح بطارية أو اثنتين على برنامج التعليم الخاص بجهاز التحليل. حيث يجب أن توكن البطارية مشحونة بـ 20% على الأقل.

من بين البارامترات الأخرى، فإن طريقة "QuickTest™ " تعتمد على المقاومة الداخلية لمجموعة البطارية، ولكن وصلات الربط بين الخلايا قد تسبب المشاكل، خصوصاً مع المجموعات ذات العشر خلايا أو أكثر. إن هذه المشكلة تسمى بخطأ الترابط وهذا الخطأ لا يمكن مشاهدته أو مراقبته باستخدام اختبار الشحن التقليدي أو عند القيام بمراقبة المقاومة ولكن يمكن التخلص مما سبق بإجراء اختبارات الشحن المستمرة على الفولطيات الأعلى من 20V. كما أنه من المحتمل أن كل خلية من مجموعة خلايا البطارية لديها شخصية مختلفة عن الأخرى عند إثارتها بإشارة مشتركة والنتيجة تصبح بذلك مختلطة وغير واضحة.

٤,٦ فحص بطاريات الليثيوم (Testing Lithium Battery):

مع وجود عدد كبير من بطاريات الليثيوم في الاستخدام ومع الشعبية المتزايدة لها، فإن تطوير طريقة فحص متقدمة أصبح حاجة ملحة. إن طريقة Quick Start™ من شركة CADEX أكثر تطوراً من الطريقة القديمة التي تستخدم المصفوفات. التبسيط كام ممكناً عن طريق تحديد البطارية الأكثر شعبية بخلية واحدة ذات سعة تبلغ 1500mAh. (إن الخلايا الأكبر والجهود الأعلى تتطلب مصفوفات عامة مختلفة). وبدلاً من قراءة السعة على شكل نسبة مئوية، فإن طريقة Quick Start™ تصنف حالة البطارية الصحية بمؤشرات "جيدة، منخفضة، سيئة".

بالنسبة للاستجابة الديناميكية الكهروكيميائية، فإن الطريقة المستخدمة لـ Quick Start™، تقيس حركية تدفق الأيونات بين الالكترودات على حمل رقمي. الشكل ١٠,٦ يشرح مبدأ هذه التقنية.



الشكل ١٠,٦: الاستجابة الديناميكية الكهروكيميائية.

إن الاستجابة الديناميكية الكهروكيميائية تقيس تدفق الأيونات بين الطبقتين الموجبة والسالبة. وهذه العملية يمكن تشبيها بذراع ميكانيكية تحت الحمل.

يستغرق الفحص ٣٠ ثانية، وتبلغ دقة القياس حوالي 90% بغض النظر عن مادة مهبط البطارية ويستطيع إنجاز مجال حالة الشحن بين 40%-100%. يتطلب Quick Start™ السعة الصحيحة، ووجود قيمة خاطئة لا يزيح القراءة من حالة جيد إلى منخفض مثلاً، ولكن يجعل تصنيف الحالة أقل دقة. النظام لا يعتمد على المقاومة الداخلية في كل ثانية. وهذا يمكن أن ينتج عنه قراءات غير موثوقة لأن بطاريات الليثيوم أيون الحديثة تبقي مقاومة منخفضة مع استخدامها لفترة طويلة، وفي نهاية الاختبار يكون قد تم فحص المقاومة الداخلية الكلية للبطارية.

لبطاريات الليثيوم نسب انتشار مختلفة، ومن ناحية الاستجابة الديناميكية الكهروكيميائية، فإن بطاريات ليثيوم بوليمير مع الكترودات هلامية تظهر سرعة أكبر من بطاريات الليثيوم أيون التي تحتوي الكترودات سائلة. إن بطارية ليثيوم بوليمير تحتاج مصفوفة مختلفة لإنتاج قراءات دقيقة.

اكتشف العلماء طرق جديدة لتقييم صحة البطارية بمسح الترددات التي تتراوح من عدّة kilohertz إلى milihertz. الترددات العالية تظهر نوعية البطارية. بتخفيض التردد، يبدأ الفحص الدقيق بتوفير الفهم العميق لخصائص البطاريات الفريدة التي تسمح بتقدير سعتها، كاكتشاف حالة التكبرت أو حالة الجفاف.

إن تقييم البطارية عند تردد ثانوي 1Hz يحتاج لأزمنة فحص طويلة. عند 1mHz، تستغرق الدورة 1000sec وعدة نقاط بيانات يجب توافرها لتقييم البطارية بدون أدنى شك. إن اختبارات التردد المنخفض تستغرق عدة دقائق من أجل إنجاز قياس واحد، بكل حال، مع وجود برامج المحاكاة الذكية، فإن هذه المدة يمكن خفضها إلى بضع ثواني فقط.

إن مهندسي الأبحاث في شركة Cadex يعملون على تقنية جديدة تسمى قطار نبضات التردد المنخفض LFPT، أو تسمى اختصاراً تقنية الانتشار. يعمل الانتشار مع معظم الكيميائيات، والمعلومات المسترجعة تزودنا بمعلومات حيوية تتعلق بسعة البطارية وحالات النقص الأساسية. تمكن هذه المعرفة من تقدير بارامتر حياة البطارية والذي يعتبر أهم بارامتر في البطارية، وهي الهدف الأساسي لأنظمة إدارة البطاريات المتقدمة BMS.

هناك حاجة حرجة لفاحصات البطاريات العملية والتي يمكنها فحص حالة البطاريات في التجهيزات الطبية، العسكرية، أجهزة الحوسبة، أدوات القدرة، ومنظومات UPS. حالياً لا توجد أي تجهيزات يمكنها تقدير حالة حياة البطارية بشكل موثوق وبسرعة فائقة، على الرغم من أن العديد من مصنعي البطاريات يدعون عكس ذلك.

الفصل السابع Chapter 7

واقع ومستقبل البطاريات

نظرة عامة (Overview):

يقدم هذا الفصل نظرة عن مستقبل وواقع البطاريات، حيث تم تضمين بعض الإرشادات المتعلقة بتخزين البطاريات إضافة إلى وضع جدول يبين كلفة القدرة بالنسبة لسوق البطاريات، وأخيراً تطرقنا للحديث عن مستقبل البطاريات.

١,٧ بعض الإرشادات حول تخزين البطاريات (Storing Batteries):

إن درجة الحرارة المثالية لتخزين البطارية هي 15°C. الجدول ١,٧ يبين السعة المسترجعة من بطاريات الليثيوم، النيكل، الحمض–رصاص عند حرارة ومستويات شحن متفاوتة بعد سنة واحدة على تخزينها.

الحرارة	LA عند الشحن الكامل	Nickel عند أي شحن	Li-Cobalt شحن 100%	Li-Cobalt شحن 40%
0°C	97%	99%	94%	98%
25°C	90%	97%	80%	96%
40°C	62%	95%	65%	85%
60°C	38% بعد ستة أشهر	70%	66% بعد ثلاثة أشهر	75%

الجدول ١,٧ يبين السعة المستعادة عند التخزين بعد سنة واحدة.

إن الاختبارات الميدانية المنجزة بواسطة سلاح الجو الأمريكي أثبتت أن بطاريات NiCd يمكن تخزينها لخمس سنوات وهي تؤدي بشكل جيد جيداً بعد تهيئتها مجدداً.

١,١,٧ بعض الإرشادات حول تخزين البطاريات:

- ✓ يمكن تخزين البطاريات الأولية بشكل جيد، وهذا ينطبق على البطاريات القلوية الأولية وبطاريات الليثيوم الأولية حيث يمكن تخزينها لعشر سنوات مع أقل خسارة ممكنة في السعة.
- ✓ يجب تخزين البطاريات في مكان معتدل وجاف.
- ✓ يجب تجنب التجميد لأن البطارية تتجمد بسرعة أكبر في حال تم تفريغها بشكل كامل.
- ✓ يجب شحن بطاريات LA قبل التخزين ومراقبة الجهد والوزن النوعي بشكل شبه دائم، ويكمن تطبيق جهد تعزيز في حال انخفض جهد الخلية لأقل من 2.10V/cell.
- ✓ يجب تخزين بطاريات الليثيوم في حالة الشحن، وعملياً عند نسبة شحن 40% وهذا يضمن عدم هبوط جهد البطارية تحت 2.50V/cell أو حدوث تفريغ ذاتي كبير لها.
- ✓ يجب التخلص من بطارية الليثيوم أيون إذا استمر الجهد بالهبوط تحت مستوى 2.00V/cell لمدة أسبوع.

٢,٧ كلفة القدرة (Cost of Power):

١,٢,٧ البطاريات الأولية:

إن طاقة البطاريات غير القابلة للشحن غالية جداً من ناحية الكلفة لكلّ كيلو واط ساعي (kWh). حيث تستخدم هذه البطاريات للتطبيقات منخفضة القدرة مثل ساعات اليد، ألعاب الأطفال وغيرها.

الجدول ٢,٧ يبين سعة التخزين والكلفة لكل kWh للبطاريات الأولية.

	AAA Cell	AA Cell	C Cell	D Cell	9 Volt
السعة (القلوية)	1,100mAh	2,500mAh	7,000mAh	14,000mAh	600mAh
الطاقة (خلية واحدة)	1.4Wh	3Wh	9Wh	18Wh	4.2Wh
كلفة الخلية (دولار أمريكي)	$1.25	$1.00	$1.60	$1.60	$3.10
كلفة kWh (دولار أمريكي)	$890	$330	$180	$90	$730

الجدول ٢,٧ يبين مقارنة الكلفة والطاقة للخلايا الأولية القلوية.

٢,٢,٧ البطاريات الثانوية:

إن أزمنة التشغيل المحسنة والكلفة المنخفضة لكل وحدة وخاصية إعادة الشحن سحبت البساط من تحت البطاريات الأولية للعديد من التطبيقات المحسوبة على تلك الأخيرة.

الجدول ٣,٧ يقارن التكلفة و القدرة للبطاريات الثانوية. حيث أن الكلفة تعتمد على سعر البطارية وعدد دورات شحن/تفريغ الممكنة. الجدول يقارن مجموعات البطاريات التجارية المستخدمة في الاتصالات، الحوسبة، أو التجهيزات الطبية.

	Lead Acid	NiCd	NiMH	Li-ion
السعة	2,000mAh	600mAh	1,000mAh	1,200mAh
جهد البطارية	12V	7.2V	7.2V	7.2V
الطاقة لكل دورة	24Wh	4.5Wh	7.5Wh	8.6Wh
عدد الدورات	250	1,000	500	500
كلفة البطارية	$50	$50	$70	$100

الكلفة لكل kWh	$8.50	$11.00	$18.50	$24.00

الجدول ٣,٧ : يقارن التكلفة و القدرة للبطاريات الثانوية

٣,٧ جدول التعامل مع البطاريات (Dealing with Batteries):

الجدول ٤,٧ يوفر اقتراحات عن كيفية تمديد عمر البطارية باتباع طرق بسيطة. بسبب الأنظمة المتشابهة تم تحديد الكيميائيات المستخدمة في النيكل، الليثيوم، والحمض–رصاص.

العناية بالبطارية	LA السائلة، المغلقة، AGM	Nickel NiCd، NiMH	Lithium – ion Cobalt, Mn, PO4
أفضل طريقة للشحن	تطبيق شحن مشبع لمنع التكبرت.	تجنيب البطارية الحرارة الشديدة عند الشحن، وعدم ترك البطارية في الشاحن لأكثر من عدة أيام.	أفضل شحن هو الشحن الجزئي أو العشوائي، لا تحتاج لشحن كامل، ويجب الحفاظ عليها دوماً معتدلة.
طرق الشحن	جهد ثابت لـ 2.40- 2.45V/cell. شحن متقلب عند 2.25- 2.30V/cell. يجب إبقاؤها معتدلة، ولا يمكن تطبيق شحن سريع عليها، حيث تستغرق ١٤ ساعة شحن.	تيار ثابت، الشحن المتقطع عند 0.05C، يفضل شحنها بسرعة. الشحن البطيء: 14h. الشحن المعتدل: 3h. الشحن السريع: 1h.	جهد ثابت لـ 4.20V/cell. لا حاجة لشحن متقطع، حيث يمكن إبقاؤها في الشحن. شحن معتدل: 3h. شحن سريع: 1h.
التفريغ	يجب عدم تدوير بطارية البدء، وتجنب التفريغ الكامل، وشحنها دوماً بعد استعمالها.	يجب عدم زيادة شحنها تحت الأحمال الضخمة. الخلية المعكوسة تسبب قصراً كهربائياً، ويجب تجنب التفريغ الكامل.	منع اكتمال الدورات عن طريق تطبيق بعض الشحن بعد التفريغ الكامل للحفاظ على حيوية دائرة الحماية.
كيفية إطالة حياة البطارية.	تدوير عميق محدود. يجب تطبيق شحن أعظمي كل ٦ أشهر بعد تخزينها لمنع التكبرت. ويجب المحافظة على الخلايا عند أو فوق 2.10V.	يجب عدم إبقاء البطارية في الشاحن لأكثر من عدة أيام، ويجب تفريغه لـ 1V/cell كل ١–٣ أشهر لمنع الذاكرة.	يجب إبقاؤها معتدلة، حيث تعمل لفترة أطول عند تشغيلها في منتصف حالة الشحن من 20-80%. يجب عدم تطبيق شحن فائق السرعة عليها أو تطبيق أحمال عالية.
التخزين	لا يجب تخزينها تحت 2.0V/cell، ويجب الحفاظ عليها مشحونة بشكل كامل إن أمكن.	تخزين في مكان معتدل، الـ NiCd تخزن لخمس سنوات. ويجب تهيئتها قبل استعمالها.	تخزن عند 40% شحن في مكان دافئ عن جهد 3.75- 3.80 V/cell.
التخلص من البطارية	لا يجب تفكيكها. تحتوي على معدن سام.	الـ NiCdلا يجب تفكيكها. الـ NiMH: يمكن تفكيكها	يمكن التخلص منها في أي مكان مكشوف.

		عند الحجوم المنخفضة.	

الجدول ٤,٧: تمديد عمر البطاريات وتخزينها.

٤,٧ مستقبل البطاريات (The Battery Future):

إذا لاحظنا مراحل تطور البطارية خلال الـ ١٥٠ سنة الماضية لوجدنا أن التطور الحاصل في البطاريات يعد تطوراً معتدلاً مقارنة مع مناحي تطور العلوم الأخرى. إن البطارية تحتفظ بقدرة قليلة نسبياً، كما أنها ضخمة، ثقيلة، ولها فترة حياة قصيرة. كما أن قدرة البطاريات باهظة الثمن. فالبطارية الأصغر، لها تكاليف عالية لكل واط لها. ولكن مع كل ذلك مازال البشر يعتمدون على البطارية كأحد أهم مصادر الطاقة المحمولة.

إن أبحاث البطاريات تسير بخطى ثابتة، فمعدل الربح السنوي في قدرة البطاريات يبلغ نموذجياً 6%. وبالمقارنة، فإن علم الالكترونيات الدقيقة يتطور بشكل أسرع بكثير من البطاريات.

إن نظرية المور التي وضعها جوردن مور في العام ١٩٦٥م حين توقع أن النمو في عدد الترانزستورات المشكلة على كل دارة متكاملة سيتضاعف كل سنتان لا يمكن تطبيقها في حالة البطارية كون التطور الحاصل في البطاريات يعد بطيئاً نوعاً ما. إن نظرية المور يمكن ملاحظتها في معالجات شركات الحواسيب حول العالم وإذا ما أردنا تطبيقها على البطاريات لأصبحت البطاريات الثقيلة المخترعة في العام ١٩٦٥م بحجم العملة النقدية.

١,٤,٧ تكنولوجيا خلايا الوقود:

تشترك حالياً أكثر من ٢٠٠٠ منظمة حول العالم في تطوير خلية الوقود، وهناك سبب منطقي لهذا، فهي مفهوم جديد. ورغم ذلك، ومنذ اختراعها في العام ١٨٣٩م من قبل "Sir William Grove"، لم تشكل خلايا الوقود تأثيراً كبيراً في حياتنا مثلما فعلت البطاريات.

تم استعمال خلايا الوقود في برنامج الفضاء العسكري Gemini في العام ١٩٦٠م ، تلا ذلك تجارب لخلايا الوقود في الحافلات والسيارات خلال العام ١٩٩٠م.إن أحد أكثر العقبات التي وقفت في وجه هذه التقنية هي كلفة الطاقة العالية لها. إن الكلفة لكل واط، يجب تقليلها بمعامل من ١٠ لتستطيع المنافسة مع المصادر الأخرى، كمحرك الاحتراق الداخلي.

تستخدم خلايا الوقود الأوكسجين والهيدروجين كوقود. إن اتحاد الغازين الاثنين يولد الكهرباء والماء. حيث لا يوجد أي احتراق ولا ينتج أي تلوث. وبالتالي غياب الغازات العادمة يمكن من استخدامها ضمن المنزل أو أي مكان آخر، إن مردود الطاقة لخلية الوقود نظرياً يكون عالي جداً، ولكن عملياً فإنه ينخفض للنصف بسبب الحرارة.

خلال السنوات الماضية، العديد من النسخ المحمولة لخلايا الوقود قد ظهر. إن أكثر خلايا الوقود الواعدة هي خلية وقود الميثانول المباشر. إن خلية الوقود الميثانول DMFC رخيصة، سهلة الاستعمال، لا تحتاج لمكيف ضغط لغاز الهيدروجين كما أنها توفر أداء كهروكيمياوي جيد إلى حدّ معقول. إن الأنظمة الحالية توفر قدرة بحدود 900Wh وكثافة طاقية بحدود 102Wh/L، ولكن أبعادها الحجمية مازالت كبيرة مقارنة مع بطاريات الليثيوم–أيون. إن

عملية الشحن بسيطة وهي عبارة عن استبدال الخرطوشة بأخرى بسرعة كبيرة، وهذا يؤمن إمداداً مستمراً بالطاقة، مشابهاً لتعبئة السيارة بالوقود. الشكل ١,٧ يبين خلية وقود صغيرة من إنتاج شركة TOSHIBA، والمعرفة أيضاً بخلية الوقود الميكروية، الشكل ٢,٧ يبين عملية الشحن بالميثانول النقي.



الشكل ١,٧ يبين خلية وقود ميكروية.



الشكل ٢,٧ يبين شحن خلية الوقود.

الشكل ٣ يبين خلية وقود تغذي مصباح دراجة هوائية بالقدرة الكهربائية. الشكل ٤ يبين خلية وقود محمولة للسوق المحلية.



الشكل ٤,٧ خلية وقود تغذي مصباح دراجة



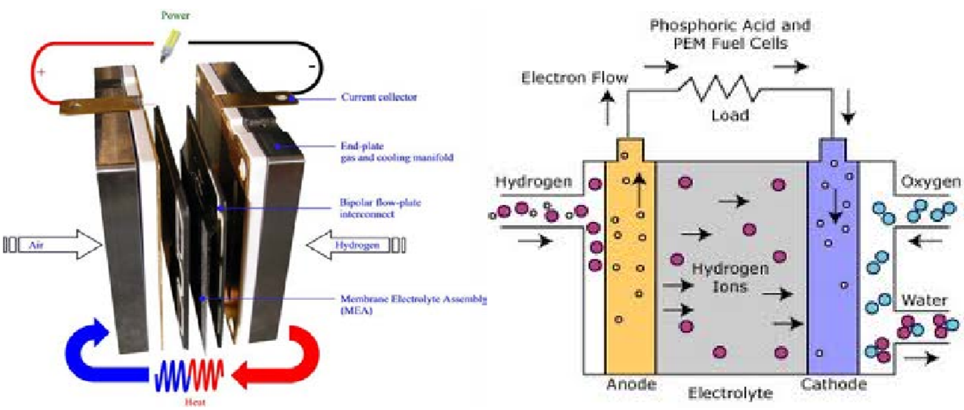
الشكل ٣,٧ يبين خلية وقود محمولة للسوق المحلية.

إن التحسينات في خلايا الوقود خلال العشر أعوام المنصرمة كان معتدلاً بعض الشيء. فمحاولات الإنتاج على نطاق واسع باءت بالفشل، وذلك على الرغم من أن الشركات العامة الأربعة لخلايا الوقود في أمريكا الشمالية رفعت قيمة أسهمها العامة بحدود بليون دولار خلال الفترة ما بين ١٩٩٩ و٢٠٠١. واليوم فإن 45% من قيمة أسهم الشركات الأربع قد فقدت.

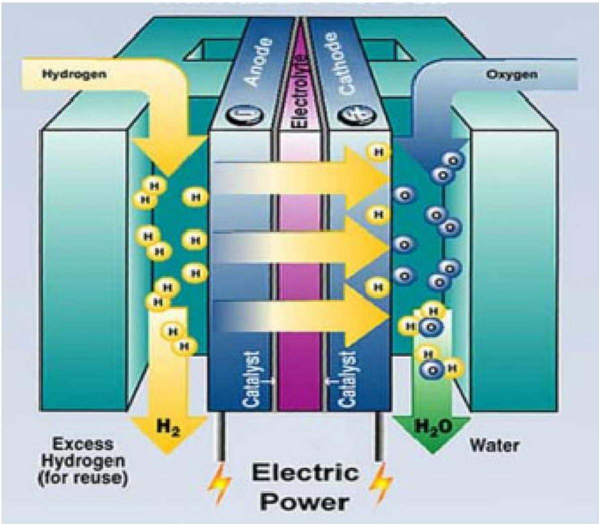
الجدول ٥,٧ يصف التطبيقات ويلخص الفوائد والمحدوديات لخلايا الوقود الشائعة. كما يتضمن الجدول خلايا الوقود الكربون المائع "المذاب" "MCFC" وخلايا الوقود الحمضية الفوسفورية "PAFC".

نوع خلية الوقود	التطبيقات	المزايا	المحدوديات	الحالة
غشاء تبادل بروتوني Proton Exchange Membrane (PEMFC)	أنظمة متوسطة وكبيرة للأجهزة المحمولة، الثابتة والآلية.	تصميم مضغوط، فترة عمل طويلة، بدء تشغيل سريع، كفاءة ٥٠%.	ذات كلفة إنشاء مرتفعة، تحتاج لهيدروجين نقي، دورة مياه وتسخين معقدة.	عملية، ومطورة على نطاق واسع.
القلوية Alkaline (AFC)	تطبيقات الفضاء NASA، النقل، الغواصات.	تصنيع منخفض، كلفة تشغيل عالية، لا يوجد ضاغط، حركة مهبطية سريعة.	ذات حجم كبير، تحتاج لهيدروجين وأوكسيجين نقيان.	فائدة جديدة مستحقة بسبب الكلفة المنخفضة والتصنيع البسيط.
الكربون المائع Molten Carbonate (MCFC)	توليد الطاقة في نطاق واسع.	كفوءة، تستعمل التوليد المشترك في التسخين من أجل تشغيل التوربينات.	عدم استقرارية الالكترود، حياة خدمة محدود.	ذات تطور جيد، نصف تجارية.
حمض الفوسفور Phosphoric Acid (PAFC)	توليد قدرة متوسطة وكبيرة.	ذات وقود مخفف من أجل التوليد البسيط.	كفاءة منخفضة، حياة خدمة محدود، ذات محفز كيميائي غالي الثمن.	منافسة لخلايا غشاء التبادل البروتوني PEMFC.
الأوكسيد الصلب Solid Oxide (SOFC)	توليد قدرة متوسطة وكبيرة.	ذات وقود مخفف، تستعمل غازات طبيعية، ذات مردود 60% للتوليد المشترك.	ذات درجات حرارة مرتفعة، معادن غريبة، كلفة تصنيع مرتفعة، حياة قصيرة.	مادة جديدة، التصميم المكدس الجديد لها.
الميثانول المستمر Direct Methanol (DMFC)	للاستخدامات المحمولة، النقالة، والثابتة.	مضغوطة، ذات تغذية مباشرة من الميثانول، لا تحتاج لضاغط.	تكديس معقد، استجابة حمل بطيئة. ذات مردود ٢٠%.	الوقود السائل أكثر سهولة في التعامل من الهيدروجين.

الجدول ٥,٧: المزايا والسيئات لعدة أنظمة خلايا وقود.



الشكل ٥,٧ يبين خليتي وقود **PAFC & PEMFC**.



الشكل ٦,٧: مبدأ عمل خلية الوقود.

المصعد يستقبل الهيدروجين والمهبط يلتقط الأوكسيجين

إن التطويرات ما زالت مستمرة في خلايا الوقود ولكن النتائج أبطئ مع التقنيات الأخرى. بالنهاية، ستجد خلايا الوقود أسواق تخصصية مهمة تستوطنها خارج مجال تلوث محركات الاحتراق الداخلية. وفي حال حدوث احتراق ما في هذا المجال، ستحل خلايا الوقود كمصدر آخر للقدرة، وبالتالي سيكون البيئة أكثر حيوية وتفاعلاً مع هذه التقنيات.

الوحدة الرابعة

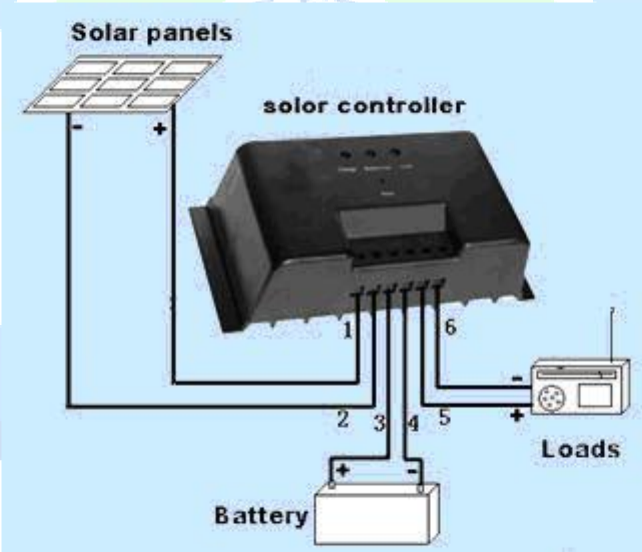
منظم الشحن (الكونترول)

منظمات الشحن Charger Controllers:

او ما يسمى بـ "متحكم الشحن" لبطارية -بطاريات- نظام الخلايا الشمسية هو جهاز يستخدم في نظام توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية ويعرف منظم الشحن ببساطة على انه جهاز الكتروني يقوم على تنظيم الجهد الكهربائي الوارد من الخلايا الشمسية قبل مروره الي بطاريات الطاقة الشمسية والصادر من البطارية الى الحمل الكهربائي وذلك للمحافظة على البطاريات المستخدمة والتأكد من شحنها واستخدامها بصورة أمثل .

طريقة عمل منظم الطاقة الشمسية

ان احد اهم الاهداف الاساسية لمنظمات الشحن تنظيم شحن البطاريات بمعنى السماح بالشحن الكامل للبطاريات دون الوصول إلى حالة الشحن الزائد ،كما ان منظمات الشحن تمنع عودة التيار من البطاريات إلى الخلايا الشمسية في المساء (حيث في الظلام تعتبر الخلية الشمسية كحمل مستهلك للطاقة) .



وهي المرحلة الثانية في النظام الشمسي، وتقوم بالعديد من الوظائف كالتالي:

أ- تحتوي على قاطع داخلي (fuse) يقوم بحماية الخلية الشمسية من التلف في حالة تلامس أطرافها معا وحدوث قصر في الدائرة (short circuit) بحيث يقوم الفيوز بالتلف ومنع الضرر الكبير من الحدوث على الخلايا الشمسية، ويمكن استبداله بعد ذلك والعمل مرة أخري وهو رخيص الثمن.

ب- تعمل على تنقية وتثبيت الفولت الخارج من الخلية الشمسية إلى الجهاز الذي يعمل على الجهد المستمر DC لأن قوة أشعة الشمس تزيد وتقل طوال نهار اليوم إما بسبب السحب أو بسبب تغير زاوية الشمس حتى تزول تماما عند الغروب.

ج- تقوم بتنظيم عملية شحن البطاريات حيث أن عملية الشحن تختلف في آليتها عن مجرد توفير مصدر للطاقة المستمرة موصل بالبطارية، حيث تكون قيمة جهد الشحن مساوي لقيمة البطارية وقيمة تيار الشحن تساوي تقريبا 15% من التيار الذي تسعه البطارية، وإذا زادت تلك النسبة بكثير فستحدث عملية شحن سريع للبطارية تؤدي إلى إضعافها واستهلاكها بسرعة مع مرور الوقت، وإذا قلت تلك النسبة بدرجة كبيرة فسيتم شحن البطارية في وقت طويل وبشكل بطيء جدا.

د- تعمل على ضمان عدم رجوع تيار كهربي من البطارية إلى الخلية مرة أخري لأنه في حالة فصل الحمل وفي ظل عدم وجود منظم للشحن، فإن الخلايا الشمسية يمكن اعتبارها حمل يعمل على سحب التيار من البطارية إلى الخلايا بشكل عكسي مرة أخري مما يعمل على إتلافها.

من اهم الميزات التي يوفرها لنا منظم الشحن :

تنظيم الجهد الكهربائي الوارد من الخلايا الشمسية قبل مروره الي بطاريات الطاقة الشمسية .

حماية الخلايا الشمسية من التلف وذلك بمنع مرور التيار الكهربائي بشكل عكسي من البطاريات الى الخلايا الشمسية.

فصل التيار الكهربائي من البطارية (البطاريات) عند وصولها الى حدودها الدنيا من التخزين وكذلك فصل التيار عند وصولها الى حدودها القصوى من التخزين.

يحمي النظام من التيارات الكهربائية الزائدة او الناقصة او المتقلبة بفضل احتواءه على فيوزات ودوائر خاصة لذلك.

يعمل كنظام مراقبة عن طريق المقاييس المستخدمة فيه بحيث يمكن أن يعطي ضوء إنذار عند حالات العمل غير النظامية .

يتوفر في السوق العديد من منظمات الشحن بمختلف الانواع والمواصفات والصورة التالية تظهر احد منظمات شحن الانظمة الشمسية المستخدمة على سبيل المثال لا الحصر :



منظم شحن من نوع PWM

"الاسلاك الموصولة بـ "منظم الشحن

يحتوي اي منظم شحن على اختلاف نوعه على 3 ازواج (كل زوج يحتوي على قطب موجب وقطب سالب) من المداخل والمخارج وهي كالتالي :

1. زوج للأسلاك القادمة من الخلايا الشمسية (القطب الموجب والقطب السالب) وتظهر في الصورة اعلاه على الجانب الايسر.
2. زوج من الاسلاك (قطب موجب وقطب سالب) الذاهبة الى البطارية او مجموعة البطاريات التي سوف يتم شحنها وتظهر في الصورة اعلاه في الوسط في الجزء السفلي من متحكم الشحن.
3. زوج من الاسلاك (قطب موجب وقطب سالب) وهي الاسلاك التي سوف يتم رطبها بمصدر الطاقة التي نود تشغيلها من خلال النظام الشمسي وتظهر في الصورة اعلاه على الجانب الايمن من منظم الشحن.

تطبيق عملي لاستخدام منظم الشحن

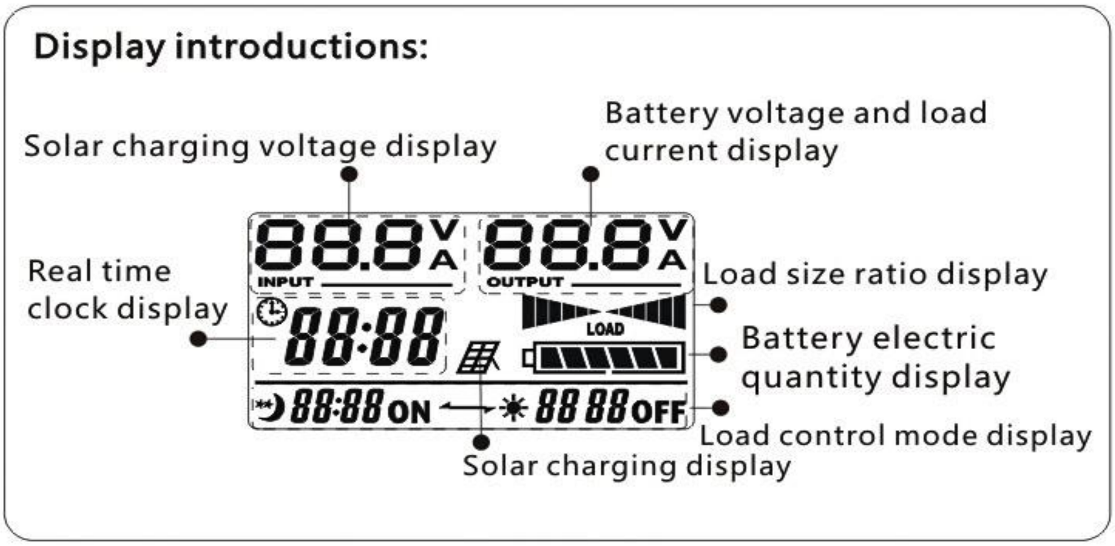


انواع منظمات الشحن المستخدمة في انظمة الخلايا الشمسية

هناك عدة انواع من منظمات الشحن (منظم شحن الطاقة الشمسية) واهم نوعين اساسين هما (PWM) و MPPT والتالية هو توضيح ومقارنة بين انواع منظمات الشحن

منظم الشحن PWM :

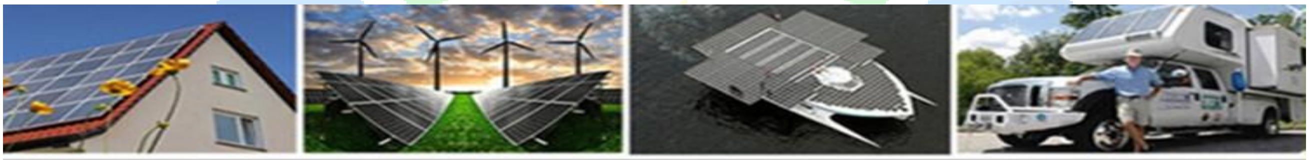
منظم الشحن من نوع (PWM) وهي اختصارا للكلمات (Pulse-width modulation) وسمي بهذا الاسم لان المنظم من هذا النوع يقوم بأرسال التيار الكهربائي الى البطارية على شكل نبضات كهربائية تسمى (pulse) ويقوم هذا النوع بتعديل عرض النبضات وفقا لحجم التيار الكهربائي المخزن في البطارية. ويمكن استخدامه في الانظمة الصغيرة او الانظمة التي تكون درجة حرارة الخلايا الشمسية فيها بين C45° و.C75° تتميز المنظمات من نوع PWM بانها اقل ثمنا من المنظمات الاخرى وتصلح للأنظمة الصغيرة.

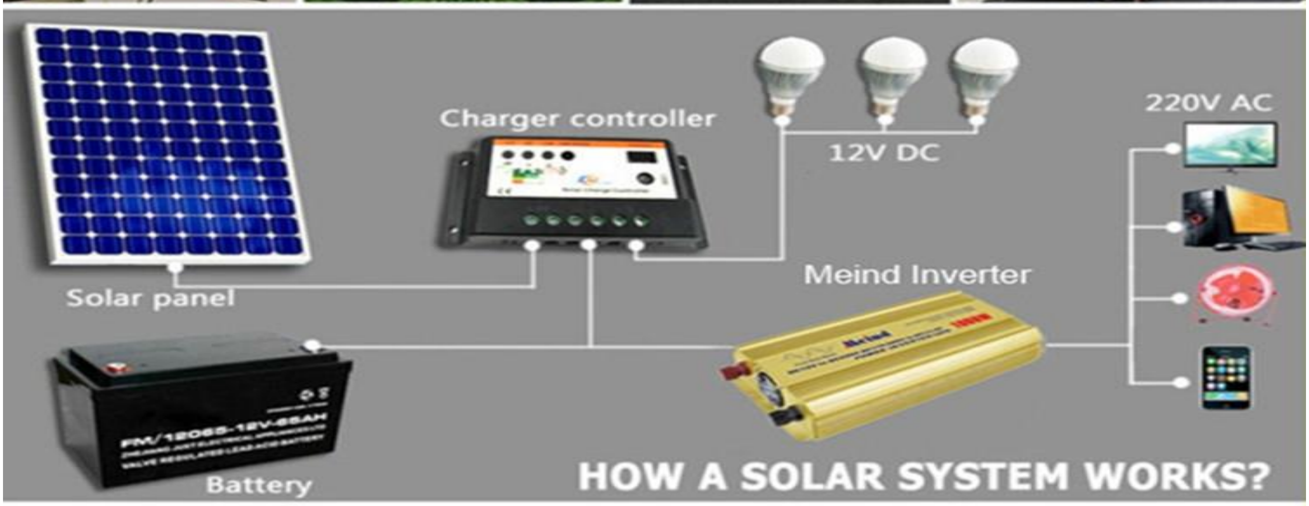

Display introductions:
Solar charging voltage display
Battery voltage and load current display
Real time clock display
Load size ratio display
Battery electric quantity display
Load control mode display
Solar charging display
INPUT
OUTPUT
LOAD
ON
OFF


Function introductions:
Liquid crystal display(LCD)
Double USB charge port (5V/1A output)
Load switch
Setting pattern/ Clock
Functional regulator +and-
Load cathode
Load anode
Battery cathode
Battery anode
Solar panel cathode
Solar panel anode
OUT DC:5V/1A
PWM

Technical Parameters

Category	ST-W1210	ST-W1220	ST-W1230	ST-W4810	ST-W4820	ST-W4830	ST-W6010	ST-W6020	ST-W6030
Adapt to battery voltage	12V/24V Battery				48V Battery		60V Battery		
Voltage identification	12V/24V Battery Battery voltage<17V:12V System Battery voltage>18V:24V System				Univoltage				
Maximum current output	10A	20A	30A	10A	20A	30A	10A	20A	30A
Solar panels power	12V(90W) 24V(180W)	12V(180W) 24V(360W)	12V(270W) 24V(540W)	360W	720W	1000W	450W	900W	1250







منظم الشحن MPPT :

سميت هذه المنظمات بـ MPPT بهذا الاسم اختصارا من العبارة الانجليزية (Maximum Power Point Tracking)والتي تشير الى طريقة عمل هذه المنظمات (تتبع نقطة الطاقة القصوى)، وهي عبارة عن محولات تيار كهربائي dc-to-dc والتي يقوم فيها المنظم بتمرير التيار الكهربائي على شكل نبضات من الخلايا الشمسية الى البطاريات بأفضل جهد كهربائي يمكن شحن البطاريات من خلاله حيث تعتمد على مبدأ استخلاص الطاقة العظمى الممكنة من الخلايا الشمسية وذلك عن طريق تغير فرق الجهد (الفولتية) بحيث تعطي أعظم استطاعة خرج لها. ويفضل استخدامها في الانظمة الكبيرة او التي يزيد خرج (فرق الجهد) للتيار الكهربائي الصادر من الخلايا الشمسية عن فرق الجهد الخاص بالبطاريات (مثلا يمكن استخدام خلايا شمسية تنتج تيارا كهربائية قدرة 36 فولت وتمريرة لمنظم شحن من نوع MPPT لشحن بطارية فرق جهدها 12 فولت وهذا الامر غير ممكن في منظمات الشحن من نوع (PWM) او عندما تكون درجة حرارة الخلايا الشمسية اقل من 45 °C او اعلى من 75.°C تتميز منظمات الشحن من نوع MPPT بقدرتها على الاستغلال الامثل للتيار الكهربائي القادم من الخلايا الشمسية لشحن البطاريات الا انها بكل تأكيد اغلى ثمنا من المنظمات من نوعPWM .

Morningstar 45A/12-48V MPPT Charge Controller

Manufacturer: *Morningstar Corp.*
Price: *$499.00*





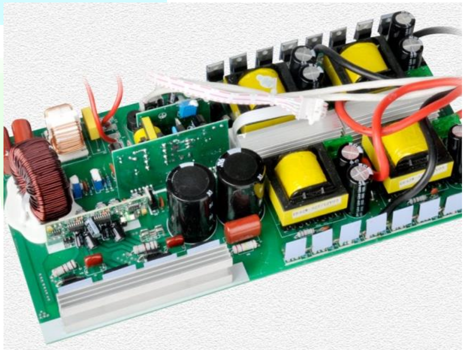
الوحدة الخامسة

العاكس (الانفيرتر)

العواكس Power Inverters

وتأتي أهمية تلك المرحلة عند الحاجة إلي استخدام تلك الخلايا لتوليد كهرباء عالية متغيرة تستطيع لتشغيل الأجهزة الكهربية والإلكترونية الكبيرة في المنازل أو المصانع. فهنا علينا باستخدام أجهزة تسمي عواكس (Inverters) والتي تقوم بتحويل التيار المستمر سواء كان 12فولت أو 24فولت أو أي قيمة أخري إلي تيار متغير عالي (110V AC or 220V AC) لتشغيل الأجهزة التي تعمل على التيار المتغير وللأجهزة الثقيلة .





وهو آخر مرحلة وبدونه لن تكون هناك قيمة حقيقية للألواح الشمسية، وهو نفس الجهاز الذي يستخدم في السيارات لتوصيله على ولاعة السيارة لتحويل الجهد المستمر سواء كان 12فولت أو 24فولت إلي جهد متغير 220V AC يستطيع تشغيل أجهزة مثل التليفزيون أو ثلاجة صغيرة أو كمبيوتر شخصي داخل السيارة .

وتقاس قوة هذا الجهاز بالواط الذي يستطيع تحمله لتشغيل حمل ما عليه.

الأنواع : يوجد العديد والعديد من الأنواع ولكن أهمهم نوعين رئيسيين:

أ- عواكس لتشغيل الإضاءة والأجهزة الإلكترونية (modified sine wave inverters)

ب- عواكس لتشغيل أي شئ بما فيها المواتير (pure sine wave inverters)

كما أن توجد هناك بعض العواكس التي تحتوي على شواحن داخلية بحيث يمكن توصيلها بمصدر التغذية الرئيسية (220V AC or 110V AC) وشحن البطارية دون الانتظار إلي شحنها عن طريق الخلايا الشمسية أو لشحن بطاريات أخري احتياطية.

كما أنها يمكن أن تقوم بعمل أجهزة الـ UPSالتى تكون عبارة عن أجهزة تحتوي على بطاريات داخلية لتشغيل الأجهزة عند إنقطاع الكهرباء كمصدر تشغيل مؤقت للطوارئ.



Solar Priority Power star inverter 1000w 2000w 3000w 4000w 5000w 6000w

1. Features:

1, rated power: 1000w 1500w 2000w 2500w 3000w

4000w 5000w 6000w

2, NEW funcitons: RS232 port

Charge current adjustable

3, DC voltage: 12V DC, 24V DC, 48V DC

4, battery charger buit in: 35-70amp

5, pure cooper transformer buit in: YES, dimension: EI162*100 or EI162*105

6, charge mode: Three stage, boost Constant Current; Boost Contant Voltage;

float(with small current

7,capable of starting electric motor: 1HP for 1000w-2000w; 2HP for 3000w-4000w;

3HP for 5000w-6000w

8, over-load protection: circuit breaker

9, output short circuit protection: circuit breaker

10, certificates CE and SONCAP certifiates

NEW FUNCTION :

SOLAR HYBIRD INVERTER : Solar Energy , City power , DC to AC can transfer automatically

When battery voltage is low (3 options---10v/10.5v/11v) , it will turn to city power automatically .

Position	Charge V		Float V	
	12V	24V	12V	24V
0.Not used				
1.Gel U.S.A	14.0	28.0	13.7	27.4
2.A.G.M. 1	14.1	28.2	13.4	26.8
3.A.G.M. 2	14.6	29.2	13.7	27.4
4.Sealed Lead Acid	14.4	28.8	13.6	27.2
5.Gel European	14.4	28.8	13.8	27.6
6.De sulphation	15.5	31.0	4 hours then off	
7.Battery prefer mode 1	Low trip to bypass 11V		High trip to battery 14V	
8.Battery prefer mode 2	Low trip to bypass 10.5V		High trip to battery 13.5V	
9.Battery prefer mode 3	Low trip to bypass 10V		High trip to battery 13V	

2015 Hot Selling 24v 2000w South Africa Pure Sine Wave Solar Inverter

WH pure sine wave inverter offering superior quality true sine wave output, it is designed to operate popular power tools and sensitive loads. Connect WH pure sine wave inverter with battery terninals,then you can get AC power for your appliances,the AC output identical to, and in some cases better than the power supplied by your utility.

Products Features:

·Input & output fully insolated
·**High Surge**: high surge current capability starts difficult loads such as TVs,camps,motors and other inductive loads,
·**Grounding Protection** : there is terminal in front panel,you can grouding the inverter.
·**Soft start** : smooth start-up of the appliances.
·**Pure sine wave output waveform** : clean power for sensitive loads.
·AC output identical to, and in some cases better than the power supplied by your utility
·Cooling fan in the inverter is thermally activated and comes on when the inverters becomes warm,and turns off automatically after the inverter has cooled.
·**Low total harmonic distortion** : below 3%

·Two LED indicators on the front panel shows the working and failure state.

Protection Function :

·Low voltage alarm & Shutdown
·Over voltage protection
·Overload protection
·Over temperature protection
·Short circuit protection
·Reverse Polarity protection
·Soft start
·Auto.reset after being in protected
·Grounding protection

1.Specification:

Model	WHP-2000w-12	WHP-2000w-12	WHP-2000w-24	WHP-2000w-24
Rated Power	2000W			
Peak Power	4000W			
Output Voltage	110V	230V	110V	230V
Frequency	50/60Hz±3			
USB Port	5V,500mA(Optional)			
Output Waveform	Pure Sine Wave			
Protection Function	Bat.Low Voltage Alarm&Shut Down,Overload,Over Temperature,Overvoltage,ShortCicuit,Reverse Polarity			
Input Voltage	12V		24V	
Dimension	300x180x130 mm(L×W×H)			
N.W./unit	4560g			
QTY/Ctn	4 Pcs			
Packing	Gift box			
Meas./Ctn	350x245x145 cm			
Warranty	18Months			

Model and meaning

WH □ - □ - □

- Type: Type A、Type B、Type C、Type D、Type E、Type F、Type G;
- 75W、100W、150W、200W、300W、500W、600W、800W、1000W、1200W、1500W、2000W、2500W、3000W、4000W、5000W、6000W、8000W、10000W;
  1210、1215、1220、1230、1250、2410、2415、2420;
  1205、2405、1210、2410、1215、2415、1220、2420、1230、2430、1250、2450、1260、2460、1280、2480、12100、24100;
- P:Pure sine wave inverter M:Modified sine wave inverter
  PU:Pure sine wave inverter with charger
  MU:Modified sine wave inverter with charger
  CH:Battery charger SC:Solar Controller;
  SY:Movable solar power system;
- Company code;

2.Model show:



Widely used in daily life

Need No Worry When Power Failure

Electrical loads	Modified Sine Wave	Pure Sine Wave	Electrical loads	Modified Sine Wave	Pure Sine Wave
Energy-saving lamp	✓	✓	Microwave oven	✓	✓
Incandescent	✓	✓	Iron	✓	✓
Hair dryer	✓	✓	Soybean milk machine	✓	✓
Computer	✓	✓	Shaver	✓	✓
TV	✓	✓	Digital products	✓	✓
Refrigerator	✗	✓	Printer	✓	✓
Washing machine	✗	✓	Projector	✗	✓
Wall air conditioning	✗	✓	LED lamp	✗	✓
Vertical air conditioning	✗	✓	Audio	✗	✓
Household fan	✓	✓	Electric hand drill	✗	✓
Smart fan	✓	✓	Hand mill	✗	✓
Rice cooker	✓	✓	Water pump	✗	✓
Induction cooker	✗	✓	Packer	✓	✓

Socket &Plug:


Australia


Europe&USA&Japan


France

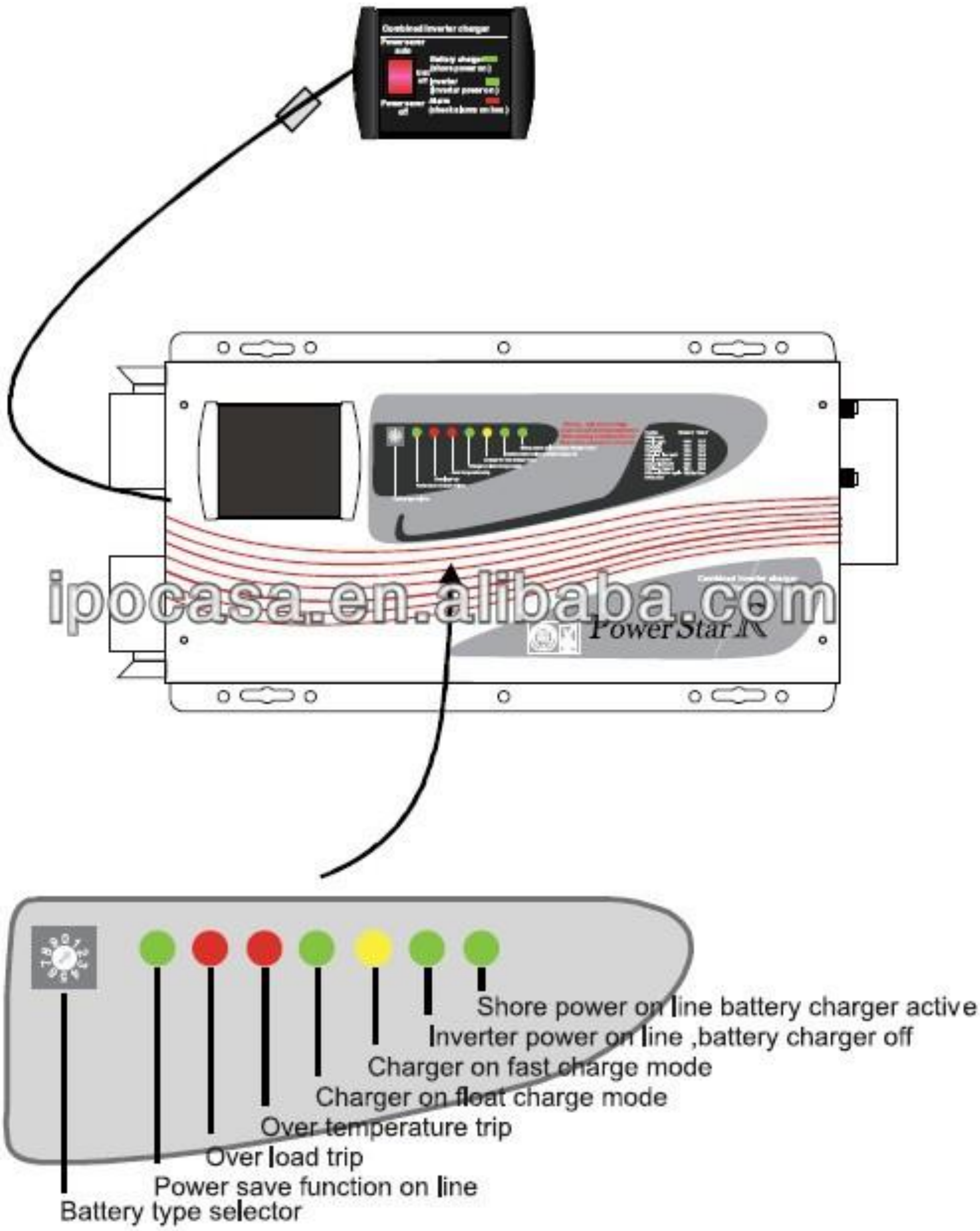

Germany


GFCI-USA


UK


Universal

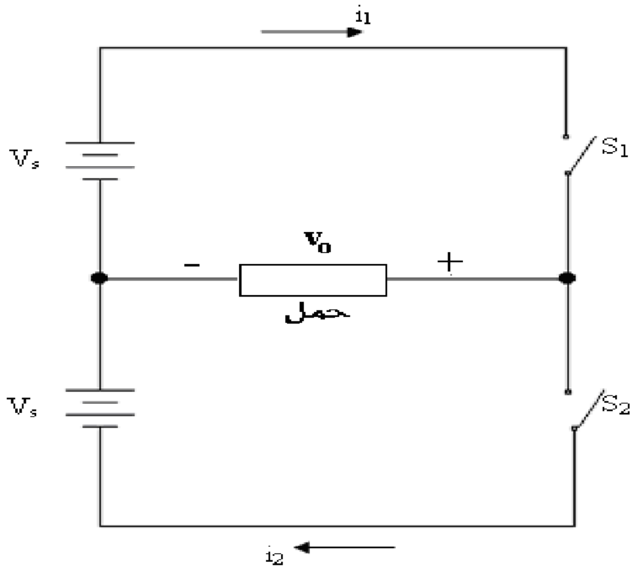

USA


ipocasa.en.alibaba.com
PowerStar
Shore power on line battery charger active
Inverter power on line ,battery charger off
Charger on fast charge mode
Charger on float charge mode
Over temperature trip
Over load trip
Power save function on line
Battery type selector

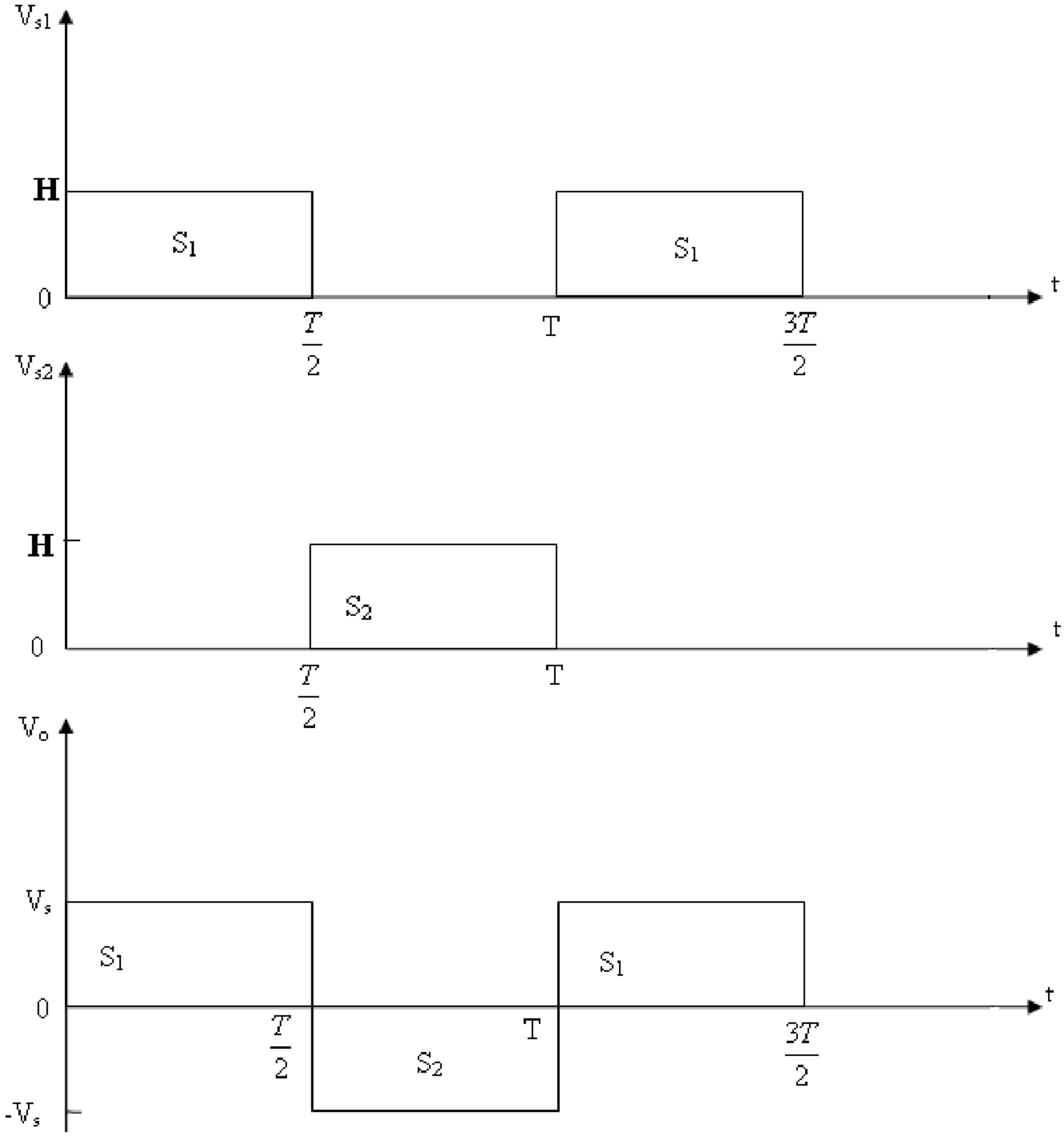
٥- ٢ مبدأ عمل العاكس

يبين الشكل (٥- ١) الدائرة الرئيسة لعاكس نصف قنطري أحادي الطور ويكون الهدف الرئيس من استخدام هذه الدائرة هو توليد جهد متناوب أحادي الطور من مصدر جهد ثابت مستمر. تتكون الدائرة من عدد (٢) مفتاحين إلكترونيين حيث يتم التحكم في غلقهما وفصلهما عن طريق نبضات بوابات هذه المفاتيح الآتية من دائرة الإشعال الخاصة بهما. وعادة يتم تصميم النبضات بحيث يتم إغلاق المفتاح S_1 بينما يكون المفتاح S_2 مفصولاً والعكس صحيح ولتحقيق هذا لابد أن تكون النبضات الخاصة بالمفتاحين S_1 و S_2 لها الموجات المبينة بالشكل (٥- ٢) بحيث عندما يكون جهد النبضة الخاصة بالمفتاح S_1 لها قيمة عالية تكون قيمة جهد النبضة الخاصة بالمفتاح S2 لها قيمة منخفضة في نفس الفترة الزمنية و العكس صحيح و بالتالي يتم توصيل الحمل بمصدر الجهد الثابت المستمر V_s عن طريق المفتاحين S_1 و S_2 كل منهما على حدة. فعندما يكون المفتاح S_1 مغلقاً يكون المفتاح S_2 مفصولاً وبالتالي تكون قيمة الجهد الناشئ على طرفي الحمل لها قيمة جهد المصدر الثابت المستمر وفي حين يتم إغلاق المفتاح S_2 و فصل المفتاح S_1 تكون قيمة الجهد الناشئ على طرفي الحمل لها قيمة جهد المصدر الثابت و بإشارة سالبة في هذه الحالة و بالتالي يتم الحصول على موجة جهد متناوب ذات موجة مستطيلة زمنها الدوري 'T' و يبين الشكل (٥- ٢) موجة خرج العاكس و يمكن تعيين تردد موجة خرج العاكس 'f$_o$' عن طريق قيمة الزمن الدوري حيث أن:

$$f_o = \frac{1}{T} \text{ Hz} \qquad (٥- ١)$$



الشكل (٥- ١): الدائرة الرئيسة لعاكس نصف قنطري أحادي.



الشكل (٥- ٢): موجتا نبضات المفتاحين S2 وS1 و جهد خرج العاكس نصف القنطري أحادي الطور

ويمكن التحكم في قيمة تردد جهد الخرج عن طريق التحكم في زمن فتح وغلق المفاتيح الإلكترونية S_1 و S_2 . وعادة ما تكون موجة خرج الجهد المستطيلة للعاكس مناسبة لبعض التطبيقات غير المهمة بينما تكون موجة جهد خرج جيبي هي الموجة المثالية المطلوبة للعديد من التطبيقات.

ولجعل موجة خرج العاكس موجة جيبية أو موجة أقرب للموجة الجيبية يمكن تحقيق ذلك باستخدام طريقتين فالطريقة الأولى تتحقق بوضع مرشح 'filter' عند خرج العاكس وغالباً عند تصميم

هذا المرشح يراعى أن هذا المرشح لابد أن يتحمل قدرة خرج العاكس ولذلك يكون حجم هذا المرشح ضخماً تبعا لحجم قدرة العاكس وبالتالي تكون تكلفة ووزن هذا المرشح كبيرة إلى حد ما وأيضاً كفاءة العاكس سوف تقل نتيجة للفاقد الموجود في المرشح. والطريقة الثانية يمكن أن تتحقق باستخدام طريقة تعديل عرض النبضة 'PWM'.

وكما ذكر من قبل في الفصل السابق بأن هذه الطريقة تعتمد على فتح وفصل المفاتيح الإلكترونية وتعتمد على شكل النبضات الواصلة من دوائر إشعال هذه المفاتيح وباستخدام هذه الطريقة يمكن تعديل شكل خرج العاكس وتحويله إلى أقرب موجة جيبية.

٥- ٣ عاكس مصدر الجهد Voltage Source Inverter (VSI)

يعتبر عاكس مصدر الجهد أكثر الأنواع السائدة والمستخدمة لأنواع العواكس ويكون مصدر تغذية الجهد المستمر له قيمة ثابتة و لا يعتمد على تيار الحمل المسحوب و يمكن الحصول على مصدر تغذية الجهد الثابت المستمر من مصدر مستقل مثل البطارية أو من موحد محكوم و يوضع عادة مكثف كبير السعة عبر مصدر التغذية المستمر للعاكس و وظيفة هذا المكثف المحافظة على عدم حدوث أي تغيير لقيمة مصدر التغذية المستمر للعاكس حيث شحن و تفريغ المكثف يحافظ على استقرار قيمة مصدر التغذية و يحول العاكس جهد التغذية المستمر إلى موجة خرج مربعة متناوبة.

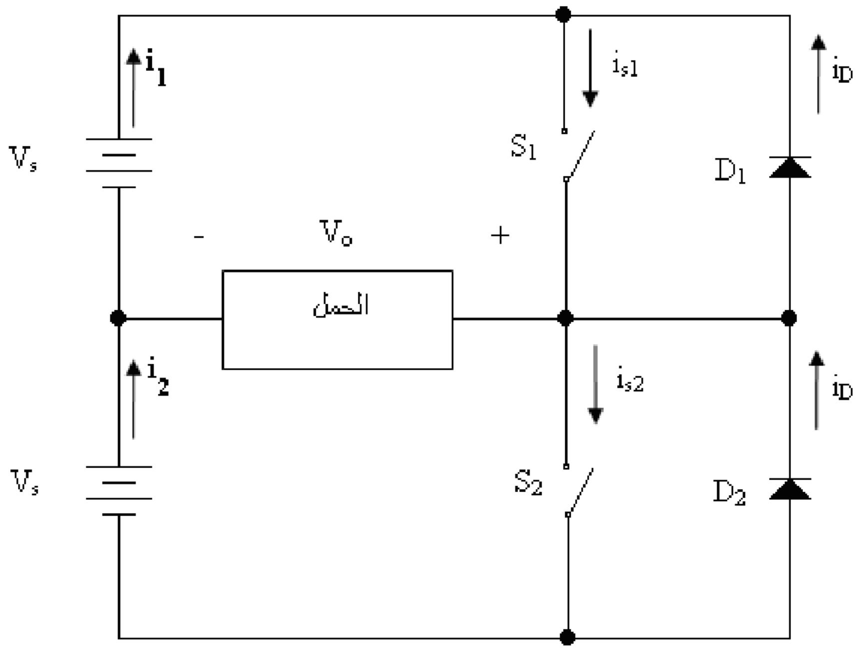
٥- ٣- ١ عاكس مصدر الجهد نصف القنطري أحادى الطور 1-Phase Half-Bridge (VSI) Inverter

يتم استخدام دائرة عاكس مصدر الجهد نصف القنطري في تطبيقات القدرة المتخصصة ويبين الشكل (٥- ٣) دائرة مصدر الجهد العاكس نصف القنطري أحادي الطور وتتكون هذه الدائرة من ٢ مفتاحين إلكترونيين S_2 و S_1 مصدري تغذية جهد مستمر لهما نفس قيمة الجهد **'Vs'** و (٢/ دايودين يقومان بوظيفة دايود الحذافة و ذلك في حالة وجود حمل حثي. و يمكن أن تكون المفاتيح الإلكترونية المستخدمة عبارة عن ترنزستورات القوى أو الموسفت أو ثايرستورات بدوائر الإطفاء الخاصة بها ... وهكذا.

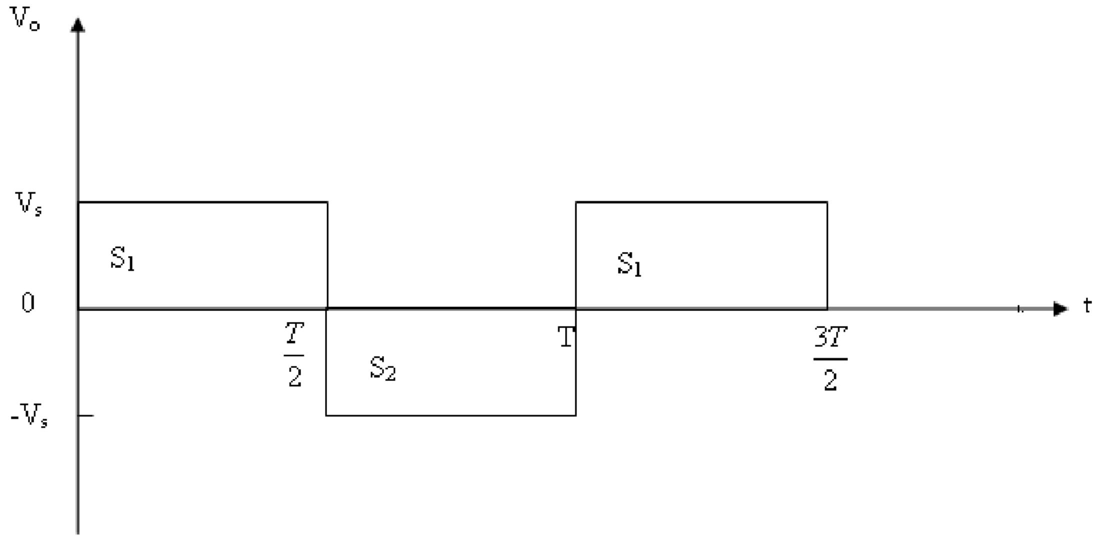
٥- ٣- ١- ١ حالة الحمل المادي Case of a Resistive Load R

يتم إغلاق و فصل المفاتيح الإلكترونية S_2 و S_1 للدائرة المبينة بالشكل (٥- ٣) في حالة وجود حمل مادي **R** بحيث عندما يتم إغلاق المفتاح S_1 يكون المفتاح S_2 مفصولاً و ذلك خلال الفترة الزمنية $0 \le t \le T/2$ وتكون قيمة جهد خرج الحمل المادي لها قيمة ثابتة قيمتها 'V_s' حيث يمر التيار خلال الدائرة المغلقة والمكونة من مصدر الجهد المستمر الثابت و الحمل المادي و المفتاح S_1 و تكون قيمة تيار الخرج هي نفسها تيار الحمل وقيمته i_1 وعند إغلاق المفتاح S_2 يكون المفتاح S_1 مفصولاً خلال الفترة الزمنية $T/2 \le t \le T$ حيث يتم فصل المفتاح S_1 عند اللحظة الزمنية $t = T/2$ و تكون قيمة جهد خرج الحمل المادي لها قيمة ثابتة '$-V_s$' في هذه الفترة الزمنية حيث يمر التيار i_2 خلال الدائرة المغلقة والمكونة من مصدر الجهد الثابت المستمر و الحمل المادي و المفتاح S_2 و يكون اتجاه مرور التيار i_2 عكس مرور التيار i_1 و يبين الشكل (٥- ٤) موجة جهد الخرج في حالة وجود حمل مادي **R** حيث إن هذه الموجة ترددها **f** و تكون قيمة هذا التردد **1/T** و يمكن التحكم في قيمة تردد خرج العاكس بالتحكم في قيمة الزمن الدوري لموجة جهد الخرج.

ويجب مراعاة أن لا يحدث إغلاق لكل من المفتاحين الإلكترونيين عند أي لحظة ما حيث سوف يحدث هذا دائرة قصر على أطراف مصدري الجهد الثابت '**Vs**'.



الشكل (٥- ٣): دائرة عاكس مصدر الجهد نصف القنطري أحادي الطور

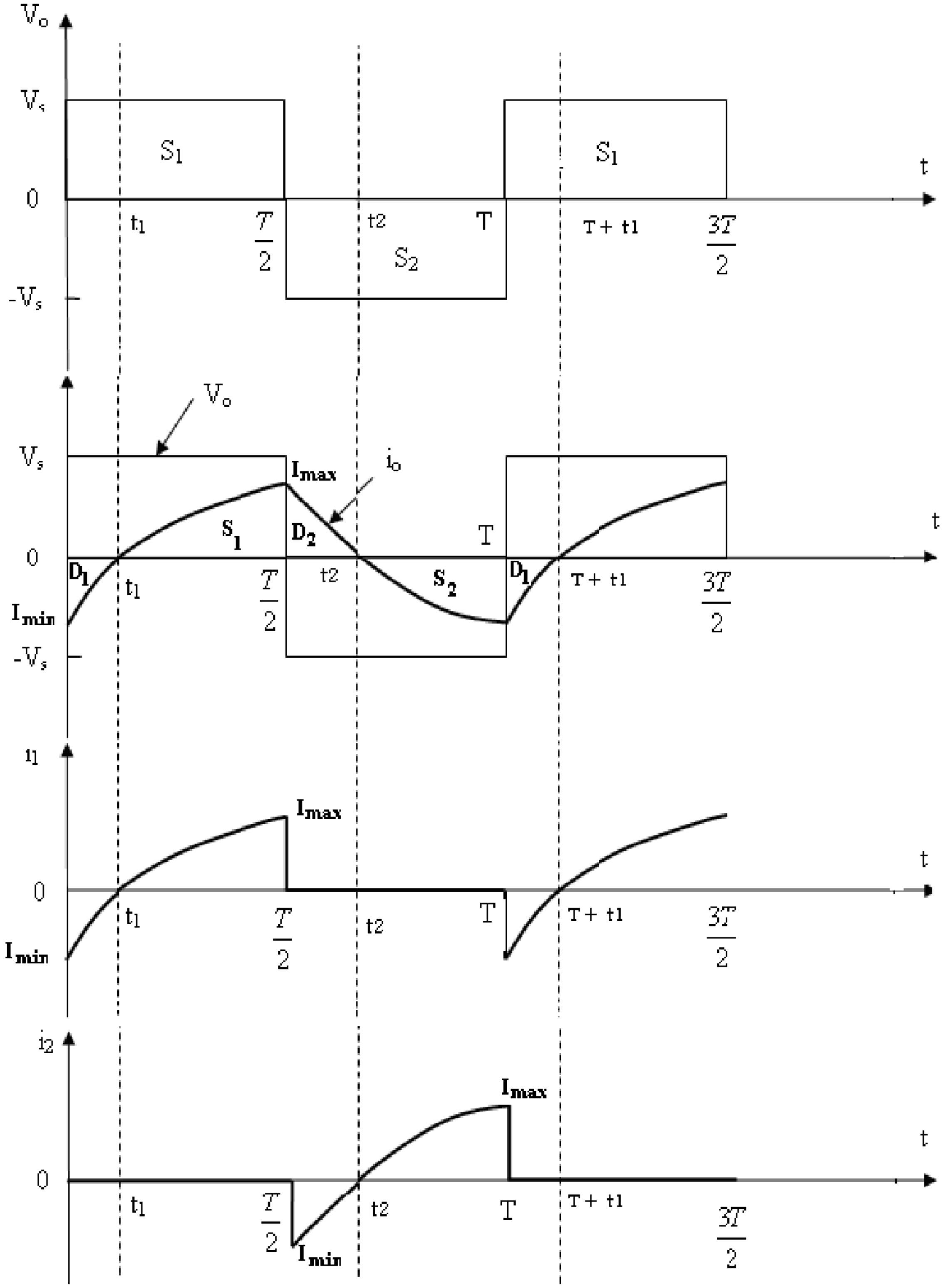


الشكل (٥- ٤): موجة جهد خرج العاكس نصف القنطري أحادي الطور

٥- ٣- ١- ٢ حالة الحمل الحثي Case of an Inductive load

كما سبق دراسته في الفصول السابقة فإنه في حالة وجود أحمال حثية فإن تيار الخرج $\mathbf{i_o}$ لا يمكن أن يعكس اتجاهاً عند نفس اللحظة التي يغير فيها جهد الخرج $\mathbf{V_o}$ قطبيته وفى تلك الحالة لابد من استخدام دايود الحذافة و الذي يسمح بمرور تيار الحمل خلاله بنفس الاتجاه المار لتيار الخرج. و يبين الشكل (٥- ٥) موجات كل من جهد الخرج و تيار الخرج بالإضافة إلى كل من تياري المصدرين. ويمكن إيجاز عمل هذه الحالة تحت حالة الحمل الحثي كالآتي:

خلال الفترة الزمنية $\mathbf{0 \le t \le T/2}$ يكون جهد الخرج V_o موجباً و بالتالي خلال هذه الفترة الزمنية يكون كل من المفتاح الإلكتروني $\mathbf{S_1}$ أو دايود الحذافة D_1 في حالة توصيل. يكون تيار الخرج $\mathbf{i_o}$ له قيمة سالبة نتيجة وجود الحمل الحثي و الذي يؤدي لتأخير تيار الحمل و خلال الفترة الزمنية $\mathbf{0 \le t \le t_1}$ يمر التيار خلال الدائرة المغلقة و المكونة من دايود الحذافة D_1 والحمل الحثي و مصدر الجهد المستمر الثابت $\mathbf{V_S}$ بينما خلال الفترة الزمنية $\mathbf{t_1 \le t \le T/2}$ يكون تيار الخرج موجباً و بالتالي يمر التيار خلال الدائرة المغلقة و المكونة من المفتاح الإلكتروني $\mathbf{S_1}$ و مصدر الجهد الثابت المستمر و الحمل الحثي مع ملاحظة بأن النبضة اللازمة لفتح المفتاح S_1 سوف تعطى له خلال الفترة الزمنية $\mathbf{0 \le t \le T/2}$ و لكن هذا المفتاح سوف يوصل فقط خلال الفترة الزمنية $\mathbf{t_1 \le t \le T/2}$ حيث يكون تيار الخرج موجباً.



الشكل (٥- ٥): موجات جهد و تيار الخرج وتياري المصدرين

كما سبق تفسيره و عند اللحظة الزمنية $t = T/2$ سوف يتم فصل المفتاح S_1 و بالتالي سوف يتحول تيار الخرج من الدائرة المغلقة و المكونة من الحمل و المفتاح S_1 و المصدر الثابت المستمر V_S إلى الدائرة المكونة من الحمل و المصدر الثابت المستمر الموجود في الأسفل و دايود الحذافة D_2 خلال الفترة $T/2 \le t \le t_2$ وعند اللحظة الزمنية $t=t_2$ يتم فصل التيار عن دايود الحذافة D_2 حيث التيار سوف يتحول إلى قيمة سالبة بعد هذه اللحظة و بالتالي سوف يوصل المفتاح S_2 خلال الفترة الزمنية $t_2 \le t \le T$ و يمر التيار خلال الدائرة المغلقة والمكونة من المصدر الثابت المستمر و الحمل الحثي و المفتاح S_2 و نلاحظ أن المفتاح S_2 معطى له نبضة خلال الفترة الزمنية $t_2 \le t \le T$ حتى يتم قدحه خلال هذه الفترة الزمنية و سوف يتكرر عمل الدائرة كل فترة زمنها الدوري T. يبين الشكل (٥- ٥) العناصر الإلكترونية الموصلة خلال الفترات الزمنية المختلفة و نلاحظ بأن تيار الخرج i_o يكون متأخراً عن جهد الخرج حيث إن الحمل حثي و أيضا يتم توصيل الدايودات الحذافة عندما يكون جهد وتيار الخرج لهما قطبية عكسية كما هو مبين بالشكل (٥- ٥) ويظهر الشكل تياري مصادر التغذية الثابتة i_1, i_2 ويمكن أيضاً الحصول على هذين التيارين من موجة تيار الخرج i_o حيث يتم تغذية الحمل من الجزء العلوي لمصدر التغذية الثابت المستمر و ذلك خلال الفترة الزمنية الموجبة لجهد الخرج $0 \le t \le T/2$ بينما يتم تغذية هذا الحمل من الجزء السفلي لمصدر التغذية المستمر خلال الفترة الزمنية السالبة لجهد الخرج $T/2 \le t \le T$.

القيمة الفعالة لجهد خرج دائرة العاكس نصف القنطري أحادي الطور:

يمكن تمثيل القيمة الفعالة لجهد خرج العاكس نصف القنطري أحادي الوجه رياضياً كالآتي:

$$V_o = V_s \qquad (٥- ٢)$$

المركبة الأولى الفعالة لجهد الخرج $V_{1(rms)}$:

يمكن تمثيل القيمة اللحظية لجهد خرج دائرة العاكس والمبينة بالشكل (٥- ٣) باستخدام متسلسلة فوريير رياضياً كالآتي:

$$v_O = \sum_{n=1,3,5,\ .....}^{\infty} \frac{4\,V_S}{n\pi} \sin n\omega t \qquad (٥- ٣)$$

حيث إن n هي رتبة التوافقيات و ω هي قيمة التردد الزاوي لجهد الخرج ووحدتها rad/s و يمكن تعيين القيمة الفعالة لمركبة التوافقيات الأولى لجهد خرج العاكس و التي لها n = 1 كالآتي:

$$V_{1(rms)} = \frac{4\,V_s}{\pi\sqrt{2}} = 0.9\,V_s \qquad (٥- ٤)$$

مثال ٥- ١:

تتصل دائرة عاكس نصف القنطري أحادى الطور والمبينة بشكل (٥- ٣) بحمل مادي 'R' قيمته 2.4 Ω ومصدر جهد ثابت مستمر 'V_s' قيمته 24 V. أوجد:

(أ) القيمة الفعالة لجهد الخرج '$V_{o(rms)}$'.

(ب) القيمة الفعالة لتيار الخرج '$I_{o(rms)}$'.

(ج) القيمة الفعالة لمركبة التوافقيات الأولى '$V_{1(rms)}$'.

(د) قدرة الخرج 'P_o'.

الحل:

(أ) يمكن إيجاد القيمة الفعالة لجهد خرج العاكس نصف القنطري باستخدام المعادلة (٤- ٢) كالآتي:

$$V_{o(rms)} = V_s = 24 \quad \text{V}$$

(ب) يمكن إيجاد القيمة الفعالة لتيار العاكس كالآتي:

$$I_{o(rms)} = \frac{V_{o(rms)}}{R} = \frac{24}{2.4} = 10 \quad \text{A}$$

(ج) يمكن أيضاً استنتاج القيمة الفعالة لمركبة التوافقيات الأولى باستخدام المعادلة (٥- ٣) كالآتي:

$$V_{1(rms)} = 0.9\, V_s = 0.9 * 24 = 21.6 \quad \text{V}$$

(د) يمكن حساب قدرة الخرج كالآتي:

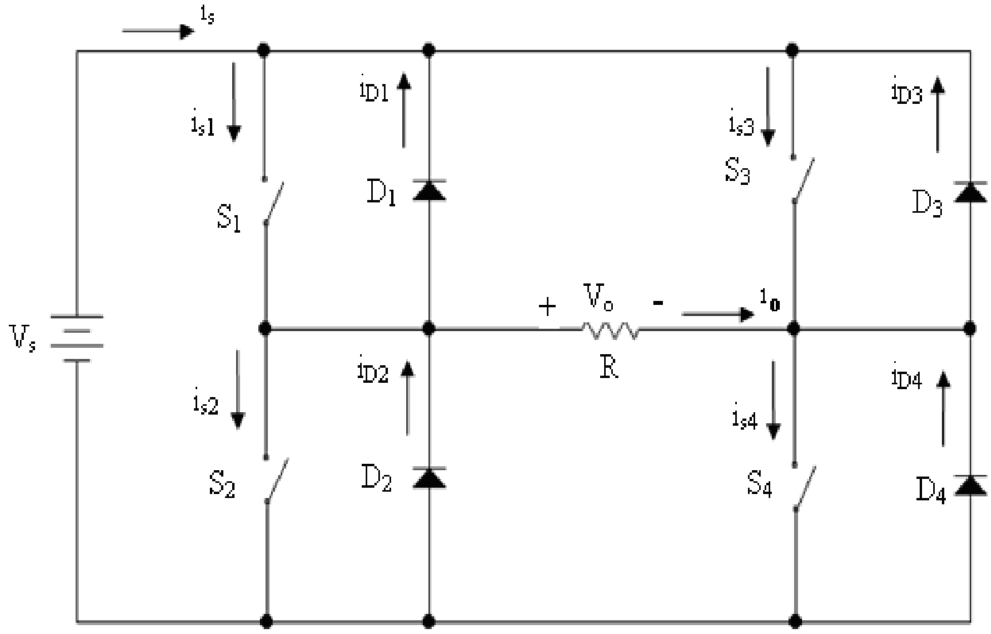
$$P_o = \frac{V_{o(rms)}^2}{R} = \frac{24^2}{2.4} = 240 \quad \text{W}$$

٥- ٣- ٢ عاكس مصدر الجهد القنطري أحادي الطور Single Phase Voltage Source Bridge Inverter

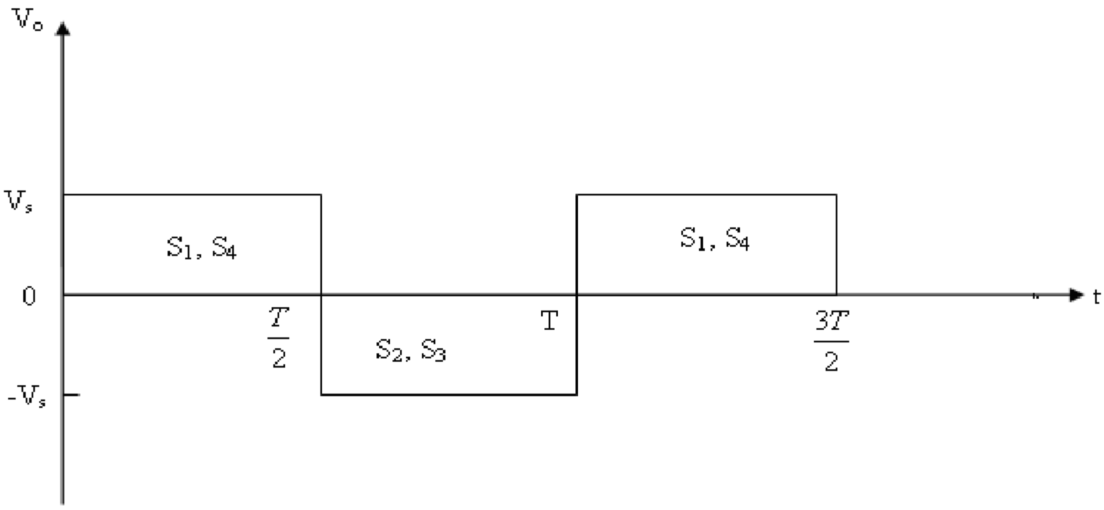
٥- ٣- ٢- ١ حالة الحمل المادي R

يتم بناء دائرة عاكس مصدر جهد العاكس القنطري أحادي باستخدام أربعة من المفاتيح الإلكترونية المحكومة بالإضافة الى أربعة من الدايودات يتم تغذيتها من مصدر جهد ثابت كما هو موضح بالشكل (٥- ٦). يتم الحصول على جهد الخرج المتناوب عن طريق غلق وفصل المفاتيح الإلكترونية لهذه الدائرة بطريقة قطرية أي بمعنى عندما يتم إغلاق كل من المفتاحين S_4 و S_1 يكون

كل من المفتاحين S_3 و S_2 مفصولين بينما عند إغلاق المفتاحين S_3 و S_2 يتم فصل المفتاحين S_4 و S_1 وهكذا وبالتالي سوف يوصل كل من المفتاحين S_4 و S_1 أو المفتاحين S_3 و S_2 فترة زمنية قيمتها نصف قيمة الزمن الدوري **'T/2'** ويمكن إيجاز فكرة عمل الدائرة كالتالي: يتم إغلاق المفتاحين S_4 و S_1 خلال الفترة الزمنية $0 \leq t \leq T/2$ وذلك بإعطاء نبضات كافية لقدحهما من دائرة الإشعال الخاصة بهما وخلال هذه الفترة الزمنية يظل كل من المفتاحين S_3 و S_2 مفصولان وبالتالي سوف يمر التيار خلال الدائرة المغلقة والمكونة من مصدر الجهد الثابت المستمر والحمل المادي والمفتاحان S_4 و S_1 وبالتالي تكون قيمة جهد الخرج 'V_o' هي نفسها قيمة جهد المصدر الثابت المستمر 'V_s' ويتم أيضا فصل المفتاحين S_4, S_1 و إغلاق المفتاحين S_3, S_2 خلال الفترة الزمنية $T/2 \leq t \leq T$ وخلال هذه الفترة الزمنية يمر التيار خلال الدائرة المغلقة و المكونة من مصدر الجهد الثابت المستمر و الحمل المادي و المفتاحين $S_3,$ S_2 و يكون مرور التيار في اتجاه عكسي لمروره في الفترة الزمنية السابقة وبالتالي تكون قيمة جهد الخرج هي نفسها قيمة جهد المصدر الثابت المستمر ولكن بإشارة سالبة أي تكون قيمتها '$-V_o$' وبالتالي سوف تكون شكل موجة جهد الخرج والمبينة بالشكل (٥- ٧) على هيئة موجة مربعة قيمتها العظمى V_s. ونلاحظ بأن تردد موجة جهد الخرج يمكن التحكم فيها بالتحكم في زمن وغلق المفاتيح الإلكترونية حيث إن تردد موجة الخرج 'f_o' تعتمد قيمتها على قيمة الزمن الدوري **'T'** حيث إن $f_o = 1/T$.



الشكل (٥- ٦): الدائرة الأساسية لعاكس لمصدر الجهد القنطري أحادي الطور و المتصل بحمل مادي



الشكل (٥- ٧): موجة جهد خرج مصدر الجهد العاكس القنطري أحادي الطور

القيمة الفعالة لجهد خرج دائرة العاكس القنطري أحادي الطور $V_{o(rms)}$:

يمكن تمثيل معادلة جهد الخرج الفعال لدائرة العاكس القنطري بالمعادلة (٥- ٢) حيث إن موجة جهد خرج هذا العاكس لها نفس موجة دائرة العاكس نصف القنطري.

المركبة الأولى الفعالة لجهد خرج العاكس القنطري $V_{1(rms)}$:

كما سبق الإشارة إليه في الفقرة السابقة فيمكن تمثيل معادلتي القيمة اللحظية لجهد الخرج والقيمة الفعالة لمركبة التوافقيات الأولى لجهد الخرج والتي لها $n = 1$ بالمعادلات (٥- ٣) و (٥- ٤) على الترتيب.

مثال ٥- ٢:

تتصل دائرة عاكس قنطري أحادى الطور والمبينة بالشكل (٥- ٦) بحمل مادي 'R' قيمته 2.4 Ω ومصدر جهد ثابت مستمر 'V_s' قيمته 48 V. أوجد:

(أ) القيمة الفعالة لجهد الخرج '$V_{o(rms)}$'.

(ب) القيمة الفعالة لتيار الخرج '$I_{o(rms)}$' .

(ج) القيمة الفعالة لمركبة التوافقيات الأولى '$V_{1(rms)}$'.

(د) قدرة الخرج 'P_o'.

الحل:

بما أن الدائرة المستخدمة في هذا المثال مكافئة للدائرة المستخدمة في المثال السابق "مثال (٥- ١)" والقيمة المادية للحمل هي نفسها القيمة المستخدمة بالمثال السابق وقيمة جهد المصدر الثابت المستمر هي نفسها قيمة جهدي المصدرين الثابتين المستمرين بالمثال السابق وبالتالي يمكن استخدام نفس القوانين التي تم استخدامها في المثال السابق في حل هذا المثال كالآتي:

(أ) يمكن إيجاد القيمة الفعالة لجهد خرج العاكس نصف القنطري باستخدام المعادلة (٥- ٢) كالآتي:

$$V_{o(rms)} = V_s = 48 \quad \text{V}$$

(ب) يمكن ايجاد القيمة الفعالة لتيار العاكس كالآتي:

$$I_{o(rms)} = \frac{V_{o(rms)}}{R} = \frac{48}{2.4} = 20 \quad \text{A}$$

(ج) يمكن أيضاً استنتاج القيمة الفعالة لمركبة التوافقيات الأولى باستخدام المعادلة (٥- ٣) كالآتي:

$$V_{1(rms)} = 0.9\, V_s = 0.9 * 48 = 43.2 \quad \text{V}$$

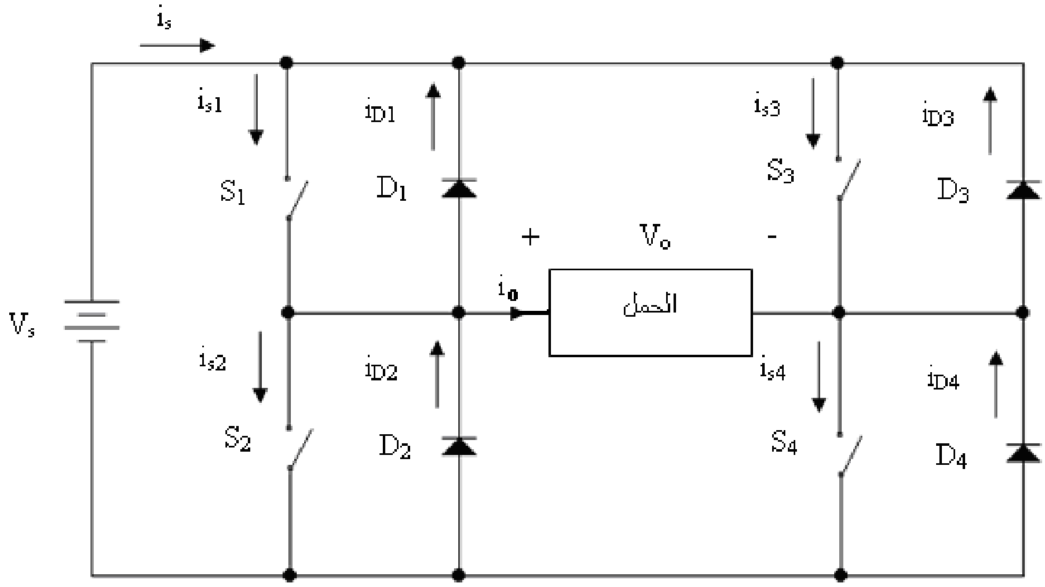
(د) يمكن حساب قدرة الخرج كالآتي

$$P_o = \frac{V^2_{o(rms)}}{R} = \frac{48^2}{2.4} = 960 \quad \text{W}$$

بمقارنة نتائج هذا المثال والمثال السابق نجد أن قيمة جهد خرج العاكس القنطري ضعف قيمة جهد خرج العاكس نصف القنطري و أيضاً قيمة قدرة الحمل للعاكس المستخدم هنا قيمته ٤ أمثال قدرة الحمل للعاكس نصف القنطري و بالتالي يعتبر العاكس القنطري أفضل للقدرة العالية حيث قد تم استخدام مصدر جهد مستمر قيمتة 48 V في المثال (٥- ٢) بينما قد تم استخدام مصدر جهد مستمر قيمتة 24 V (نصف قيمة مصدر الجهد المستمر المستخدم بالمثال (٥- ٢)) في المثال (٥- ٢).

٥- ٣- ٢- ٢ حالة الحمل الحثي 'R-L'

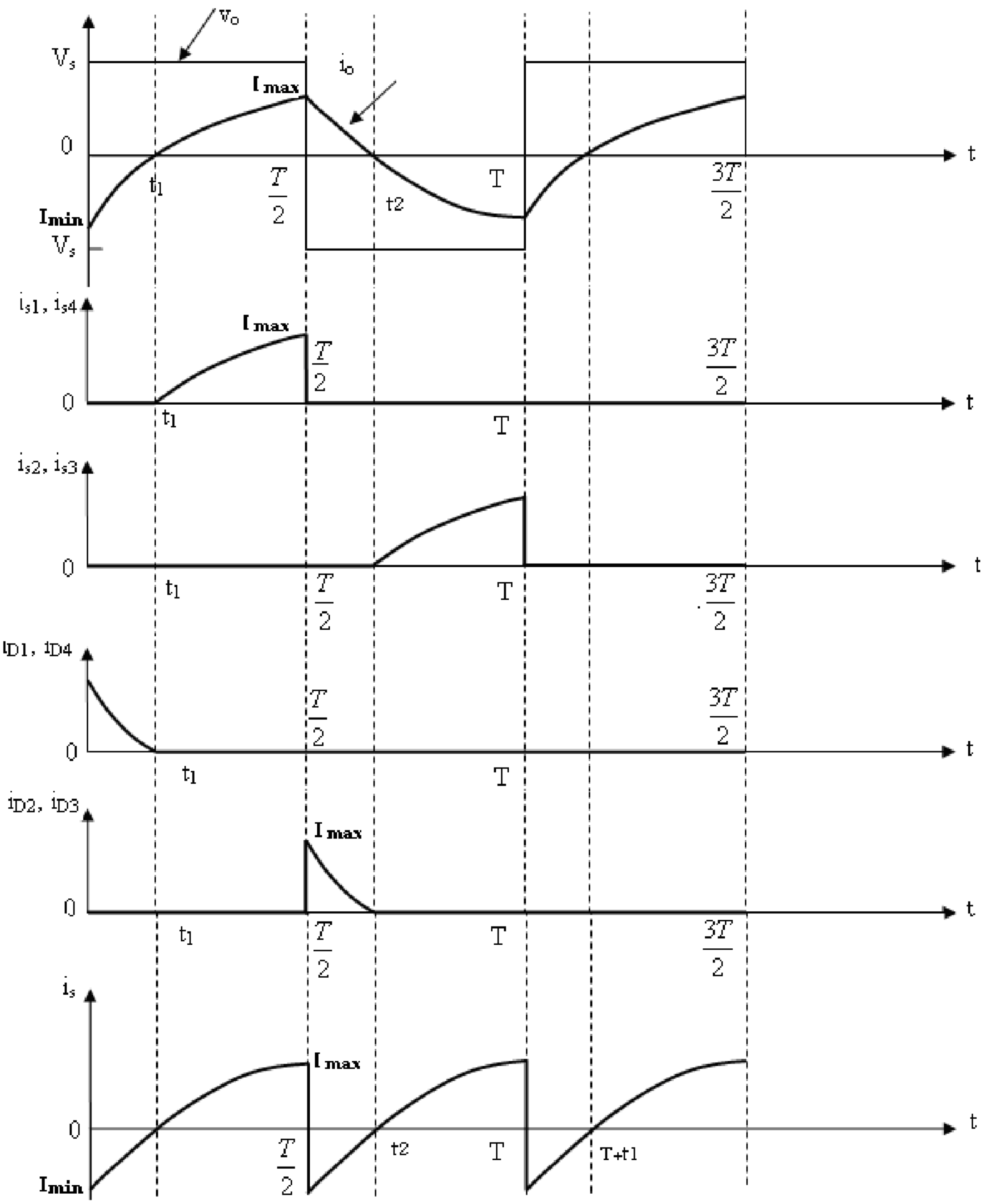
يبين الشكل (٥- ٨) دائرة مصدر الجهد العاكس القنطري أحادي الطور والمتصل بحمل حثي 'R-L' ونلاحظ أن الدائرة المستخدمة هي نفس الدائرة المستخدمة بالشكل (٥- ٦) إلا أنه تم استبدال الحمل المادي 'R' بحمل حثي 'R-L' ويبين الشكل (٥- ٩) موجات كل من جهد الخرج **'V_o'** وتيار الخرج **i_o** وتيارات المفاتيح الإلكترونية S_4 و S_3 و S_2 و S_1 و تيارات الدايودات الحذافة D_4 و D_3 و D_2 و D_1 بالإضافة إلى تيار مصدر الجهد الثابت المستمر 'i_s' ويمكن إيجاز مبدأ عمل الدائرة في حالة وجود الحمل الحثي كالآتي:



الشكل (٥- ٨): دائرة مصدر الجهد العاكس القنطري أحادي الطور والمتصل بحمل حثي.

يكون تيار الخرج 'i_o' والمبين بالشكل (٥- ٩) متأخراً عن جهد الخرج 'v_o' بسبب وجود الحمل الحثي وبالتالي لا يمكن حدوث قدح للمفتاحين S_4 و S_1 خلال الفترة الزمنية $\mathbf{0 \le t \le t_1}$ حيث إن $\mathbf{t_1}$ هي اللحظة الزمنية التي يكون عندها قيمة تيار الخرج صفراً وهذا بالرغم من إعطاء نبضة كافية لإشعالهما عن طريق دوائر الإشعال الخاصة بهما ويعود السبب إلى أنه خلال هذه الفترة الزمنية سوف يكون كل من هذين المفتاحين في حالة انحياز خلفي وسوف يمر فيهما التيار ابتداء من اللحظة الزمنية $t = t_1$ حتى اللحظة الزمنية $t = T/2$ وبالتالي خلال الفترة الزمنية $\mathbf{0 \le t \le t_1}$ يمر التيار خلال الدائرة المغلقة والمكونة من الحمل الحثي و الدايودين الحذافين D_4 وD_1 ومصدر الجهد الثابت المستمر 'V_s' ويمر التيار في الدائرة المغلقة والمكونة من الحمل الحثي و المفتاحين S_4, S_1 ومصدر الجهد الثابت المستمر خلال الفترة الزمنية

$t_1 \le t \le T/2$ حيث سيكون هذان المفتاحان في حالة انحياز أمامي وتكون قيمة جهد الخرج 'V_o' هي نفسها قيمة مصدر الجهد الثابت المستمر 'V_s' خلال الفترة الزمنية $0 \le t \le T/2$ ونلاحظ نتيجة لوجود الحمل الحثي تكون قيمة تيار الخرج 'i_o' ذات قيمة صفرية عند اللحظة الزمنية $t = t_1$ بينما تكون ذات قيمة لا صفرية عند اللحظة الزمنية $t = T/2$ وكما نعلم فإن تيار الخرج لا يمكن أن يتحول من قيمة لا صفرية إلى قيمة صفرية عند اللحظة الزمنية $t = T/2$ لوجود الحمل الحثي وبالتالي سيتحول مسار تيار الخرج من الدائرة المغلقة والمكونة من الحمل الحثي والمفتاحين S_4 و S_1 ومصدر الجهد الثابت المستمر إلى الدائرة المغلقة والمكونة من الحمل الحثي و الدايودين الحذافين D_3 و D_2 ومصدر الجهد الثابت المستمر 'V_s' خلال الفترة الزمنية $T/2 \le t \le t_2$ وتكون قيمة جهد الخرج هي نفسها قيمة جهد المصدر الثابت المستمر ولكن بإشارة سالبة أي أن $V_o = - V_s$ ويرجع سبب وجود تيار خرج خلال هذه الفترة الزمنية بسبب وجود طاقة مغناطيسية مختزنة في الملف الحثي وتصبح قيمة تيار الخرج 'i_o' عند اللحظة الزمنية $t = t_2$ قيمة صفرية ونلاحظ أن كلاً من المفتاحين S_2 و S_3 يكون في حالة انحياز خلفي خلال الفترة الزمنية $T/2 \le t \le t_2$ بالرغم من وجود نبضات كافية لقدح هذين المفتاحين وهذه النبضات آتية من دوائر الإشعال الخاصة بهذه المفاتيح الإلكترونية و بالتالي سوف يعكس تيار الخرج 'i_o' اتجاه في الفترة الزمنية $t_2 \le t \le T$ و سوف يوصل كل من المفتاحين S_2 و S_3 لوجود النبضة الكافية لقدح كل منهما و يمر التيار في الدائرة المغلقة و المكونة من الحمل الحثي و المفتاحين S_2, S_3 و مصدر الجهد الثابت المستمر 'V_s' خلال هذه الفترة الزمنية و تكون أيضاً قيمة جهد الخرج هي قيمة جهد المصدر و لكن بإشارة سالبة أي أن $V_o = - V_s$ نلاحظ بأن تيار الخرج قيمته 'I_{min}' عند اللحظة الزمنية $t=T$ و $t=0$ بينما يكون تيار الخرج قيمته 'I_{max}' عند اللحظة الزمنية $t=3 \cdot T/2$ و $t=T/2$ حيث إن التيار I_{min} هي أقل قيمة يصل إليها تيار الخرج و فى حالتنا هذه تكون القيمة المطلقة لكل من القيمة العظمى و القيمة الصغرى لتيار الخرج لها قيمة متساوية.



الشكل (٥- ٩): موجات جهد الخرج وتيار الخرج وتيارات الدايودات الحذافة والمفاتيح الإلكترونية والمصدر الثابت المستمر.

القيمة الفعالة لجهد خرج العاكس القنطري:

حيث إن موجة جهد خرج العاكس القنطري لا تعتمد على طبيعة الحمل سواء أكان حملاً مادياً أم حثياً و تأخذ شكل الموجة المربعة و بالتالي يمكن التعبير عن القيمة الفعالة لجهد خرج العاكس القنطري بالمعادلة (٥- ٢).

القيمة اللحظية لتيار الخرج:

يمكن التعبير عن القيمة اللحظية لتيار خرج العاكس القنطري بالمعادلة التالية:

$$i_O = \begin{cases} \frac{V_S}{R} + (I_{\min} - \frac{V_S}{R})\, e^{-t/\tau} & 0 \le t \le \frac{T}{2} \\ -\frac{V_S}{R} + (I_{\max} + \frac{V_S}{R})\, e^{-(t-\frac{T}{2})/\tau} & \frac{T}{2} \le t \le T \end{cases} \qquad (٥- ٤)$$

حيث إن: τ : هي قيمة الثابت الزمني للملف الحثي و قيمته L/R .

I_{min}: هي القيمة الصغرى لتيار الخرج.

I_{max}: هي القيمة العظمى لتيار الخرج.

علماً بأن القيمة الصغرى لتيار الخرج هي نفس القيمة العظمى لتيار خرج العاكس القنطري و لكن بإشارة سالبة أي أن:

$$I_{\min} = -I_{\max} \qquad (٥- ٥)$$

يمكن تعيين القيمة العظمى و الصغرى لتيار الخرج بالمعادلة التالية:

$$I_{\max} = -I_{\min} = \frac{V_s}{R}\left[\frac{1-e^{-T/2\tau}}{1+e^{-T/2\tau}}\right] \qquad (٥- ٦)$$

مثال ٥- ٣:

تتصل دائرة عاكس قنطري أحادى الطور و المبينة بالشكل (٥- ٨) بحمل حثي 'R' قيمته المادية 10 Ω و قيمة ملفه الحثي L = 25 mH و مصدر جهد ثابت مستمر 'Vs' قيمته 100 V. إذا علمت بأن تردد فصل و إغلاق المفاتيح الإلكترونية 60 Hz، فأوجد معادلة تيار الخرج اللحظي.

الحل:

يمكن تعيين الزمن الدوري لجهد الخرج والثابت الزمني للملف الحثي كالآتي:

$$T = \frac{1}{f_o} = \frac{1}{60} = 0.0167 \text{ s}$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0.025}{10} = 0.0025 \text{ s}$$

$$\therefore \frac{T}{2\tau} = \frac{0.0167}{2 * 0.0025} = 6.67$$

يمكن تعيين القيمة الصغرى و العظمي لتيار الخرج باستخدام المعادلة (٤- ٥) كالآتي:

$$I_{\max} = -I_{\min} = \frac{100}{10} \cdot \left[\frac{1 - e^{-6.67}}{1 + e^{-6.67}}\right] = 9.31 \text{ A}$$

وبالتالي يمكن تعيين معادلة تيار الخرج اللحظي باستخدام المعادلة (٤- ٤) كالآتي:

$$i_o(t) = \frac{100}{10} + \left(-9.31 - \frac{100}{10}\right) e^{-t/0.0025} = 10 - 19.31\, e^{-t/0.0025} \qquad 0 \le t \le \frac{1}{120}$$

$$i_o(t) = -\frac{100}{10} + \left(9.31 + \frac{100}{10}\right) e^{-(t - \frac{0.0167}{2})/0.0025} = -10 + 19.31\, e^{-(t-0.00835)/0.0025} \qquad \frac{1}{120} \le t \le \frac{1}{60}$$

٤ -٥ طرق التحكم في جهد خرج العاكس Inverter Voltage Control Techniques

يتطلب التحكم في جهد خرج العاكس المتناوب في معظم التطبيقات الصناعية و يمكن تقسيم الأنواع المختلفة للتحكم في جهد العاكس إلى ثلاثة أنواع رئيسة وهي:

١. التحكم في قيمة جهد تغذية العاكس المستمر.

٢. التحكم في جهد خرج العاكس المتناوب.

٣. التحكم في طريقة فصل وغلق المفاتيح الإلكترونية للعاكس.

تعتبر الطريقة الأولى أبسط أنواع التحكم في جهد خرج العاكس حيث إن جهد خرج العاكس يتناسب طرديًا مع قيمة جهد الدخل المستمر للعاكس حيث يمكن التحكم في قيمة جهد دخل العاكس عن طريق استخدام مقطع تيار مستمر عند دخل العاكس بدلاً من البطاريات الثابتة الموجودة عند دخله وبالتحكم في أزمنة إغلاق و فصل هذه المفاتيح الإلكترونية لمقطع التيار المستمر يمكن التحكم في قيمة دخل العاكس و يمكن أيضاً التحكم في قيمة جهد خرج العاكس المتناوب عن طريق وضع منظم

جهد متناوب بين خرج العاكس و الحمل و يمكن التحكم في قيمة جهد خرج العاكس بالتحكم في جهد هذا المنظم.

تعتبر الطريقة الثالثة هي أكثر الطرق الشائعة والمستخدمة في معظم التطبيقات العملية والصناعية وغالبا ما تسمى هذه الطريقة بطريقة تعديل عرض النبضة 'PWM' ويفضل استخدام هذه الطريقة حيث يمكن التحكم في موجة جهد خرج العاكس و الحصول على موجة خرج بأقل توافقيات ممكنة بهدف الحصول على أقرب موجة خرج جيبيه و يمكن إيجاز الأسلوب المتبع لطريقة تعديل عرض النبضة في الفقرة التالية.

٥- ٤- ١ تعديل عرض النبضة Pulse-Width Modulation PWM

تعتبر الطرق الثلاثة التالية أهم الطرق المستخدمة والمندرجة تحت مسمى تعديل عرض النبضة و هذه الطرق هم:

١. تعديل وحيد لعرض النبضة Single Pulse-Width Modulation.
٢. تعديل متضاعف لعرض النبضة Multiple Pulse-Width Modulation.
٣. تعديل جيبي لعرض النبضة Sinusoidal Pulse-Width Modulation.

٥- ٤- ١- ١ تعديل وحيد لعرض النبضة

يتم التحكم في قيمة جهد خرج العاكس بالتحكم في عرض النبضة الوحيدة و الموجودة كل نصف دورة. يبين الشكل (٥- ١٠) جهد خرج العاكس و نبضات التحكم الخاصة بالمفتاحين الإلكترونيين S_1 و S_2 و الموجودين عند البوابة الخاصة بهما في حالة عاكس مصدر جهد قنطري أحادي الطور والمبين بالشكل (٥- ٦) حيث يتم توليد هذه النبضات عن طريق مقارنة موجة مستطيلة مرجعية قيمتها A_r بموجة مثلثية حاملة قيمتها A_c. يعين تردد الموجة المستطيلة المرجعية التردد الرئيس (المركبة الأولى) لجهد خرج العاكس و بتغيير قيمة A_r من صفر إلى A_c يتم الحصول على نبضة عرضها δ والتي يمكن التحكم في عرض النبضة من صفر حتى 180^o وتعرف نسبة A_r بالنسبة إلى A_c بمعامل التعديل 'Modulation Index' وقيمة هذا المعامل هي:

$$M = \frac{A_r}{A_c} \qquad (٥- ٦)$$

و تكون القيمة الفعالة لجهد خرج العاكس 'V_o' في هذه الحالة هي:

$$V_o = V_s \sqrt{\frac{\delta}{\pi}} \qquad (٥- ٧)$$

حيث أن:

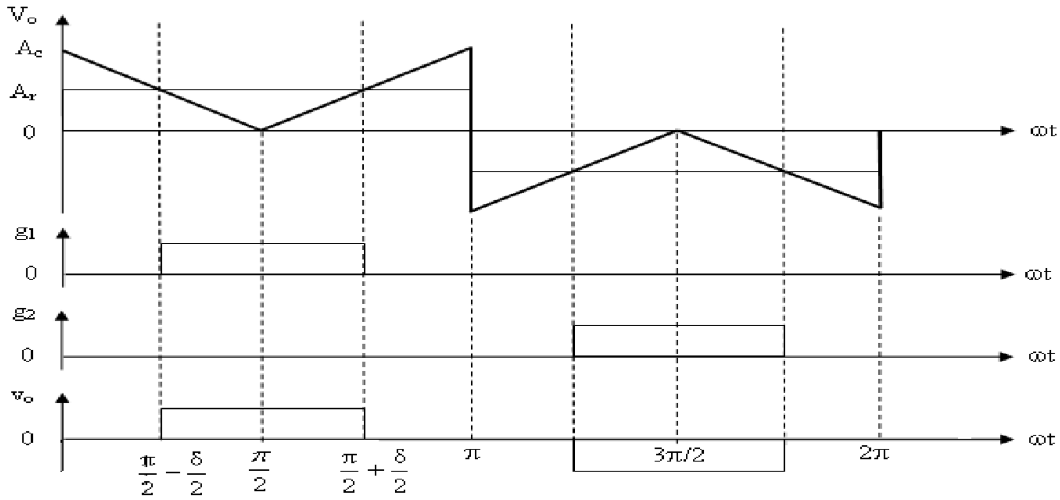
M: هي معامل التعديل.

V_s: هي قيمة جهد المصدر الثابت المستمر.

A_r: هي قيمة الموجة المستطيلة المرجعية.

A_c: هي قيمة الموجة المثلثية الحاملة.

δ: هي قيمة عرض نبضة جهد الخرج.



الشكل (٥- ١٠): جهد خرج العاكس ونبضات التحكم الخاصة بالمفاتحين الإلكترونيين S2, S1 للعاكس القنطري أحادي الطور

٥- ٤- ١- ٢ تعديل متضاعف لعرض النبضة

يمكن تقليل التوافقيات المصحوبة مع موجة جهد خرج العاكس بزيادة عدد النبضات الموجودة في كل نصف دورة زمنية و يتم توليد النبضات للمفاتيح الإلكترونية عن طريق مقارنة موجة مستطيلة مرجعية بموجة مثلثية حاملة و تكون الموجة المستطيلة لها تردد قيمته f_o و هذا التردد هو الذي يعين تردد خرج العاكس بينما الموجة المثلثية الحاملة لها تردد يحدد عدد النبضات الموجودة في كل نصف دورة زمنية عن طريق تردد الموجة الحاملة f_c. يبين الشكل (٥- ١١) الموجة المستطيلة المرجعية والموجة المثلثية الحاملة وموجة جهد خرج العاكس حيث إن عدد النبضات الموجودة كل نصف دورة يتم تعيينه من المعادلة التالية:

$$P=\frac{f_c}{2f_0}=\frac{m_f}{2} \quad , \quad m_f=\frac{f_c}{f_o} \qquad (٥- ٨)$$

حيث إن:

P: هي عدد النبضات الموجودة كل نصف دورة.

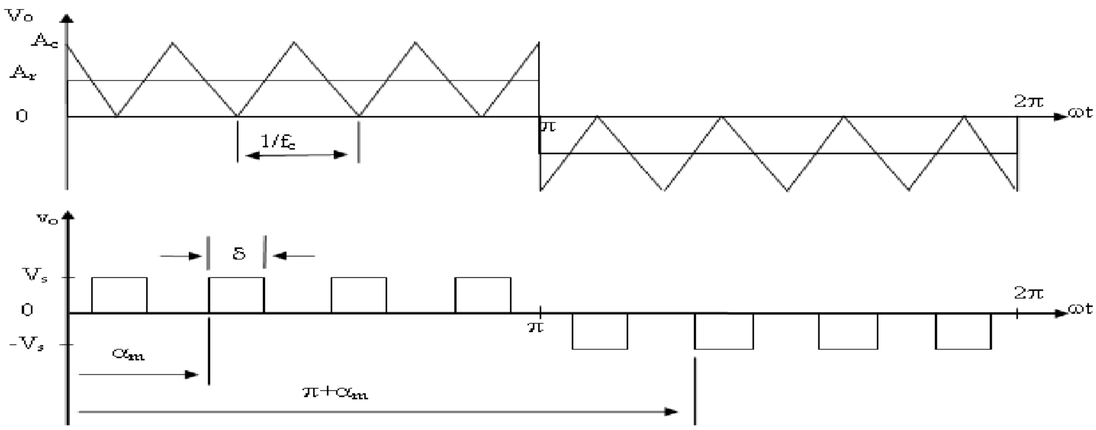
f_c: هي قيمة تردد الموجة المثلثية الحاملة.

f_o: هي قيمة تردد الموجة المستطيلة المرجعية.

m_f: هي قيمة نسبة تعديل التردد.

و يمكن تغيير عرض النبضة بالتحكم في قيمة معامل التعديل 'M' و بالتحكم في قيمة M من صفر حتى ١ تتغير قيمة جهد خرج العاكس من صفر حتى V_s و تتغير قيمة عرض النبضة من صفر حتى π/P و تكون القيمة الفعالة لجهد خرج مصدر جهد العاكس القنطري أحادي الطور في هذه الحالة كالآتي:

$$V_o=V_s\sqrt{\frac{\delta P}{\pi}} \qquad (٥- ٩)$$



الشكل (٥- ١١): الموجة المستطيلة المرجعية والموجة المثلثية الحاملة وموجة جهد خرج العاكس

٥- ٤- ١- ٣ تعديل جيبي لعرض النبضة

يمكن الحصول على نبضات بعرض غير منتظم بدلاً من النبضات المنتظمة و التي لها عرض ثابت المتولدة بطريقة تعديل متضاعف لعرض النبضات و ذلك باستخدام طريقة التعديل الجيبي لعرض النبضة. يكون عرض النبضة متناسباً مع قيمة الموجة الجيبية و يمكن تقليل التوافقيات و تحسين الشكل الموجي

لجهد الخرج باستخدام هذه الطريقة. يبين الشكل (٥- ١٢) نبضات المفتاحين S_1, S_2 والتي يمكن الحصول عليها بمقارنة موجة جيبيه مرجعية ترددها f_o بموجة مثلثية حاملة ترددها f_c و تستخدم غالبا هذه الطريقة في التطبيقات الصناعية و يحدد تردد الموجة الجيبية المرجعية تردد جهد خرج العاكس و تتحكم القيمة الجيبية القصوى في قيمة معامل التعديل 'M' و بالتالي يمكن التحكم في القيمة الفعالة لجهد خرج العاكس 'V_o' ويبين أيضاً الشكل (٥- ١٢) القيمة اللحظية لجهد خرج العاكس. يمكن تعيين القيمة الفعالة لجهد خرج العاكس بالمعادلة الآتية:

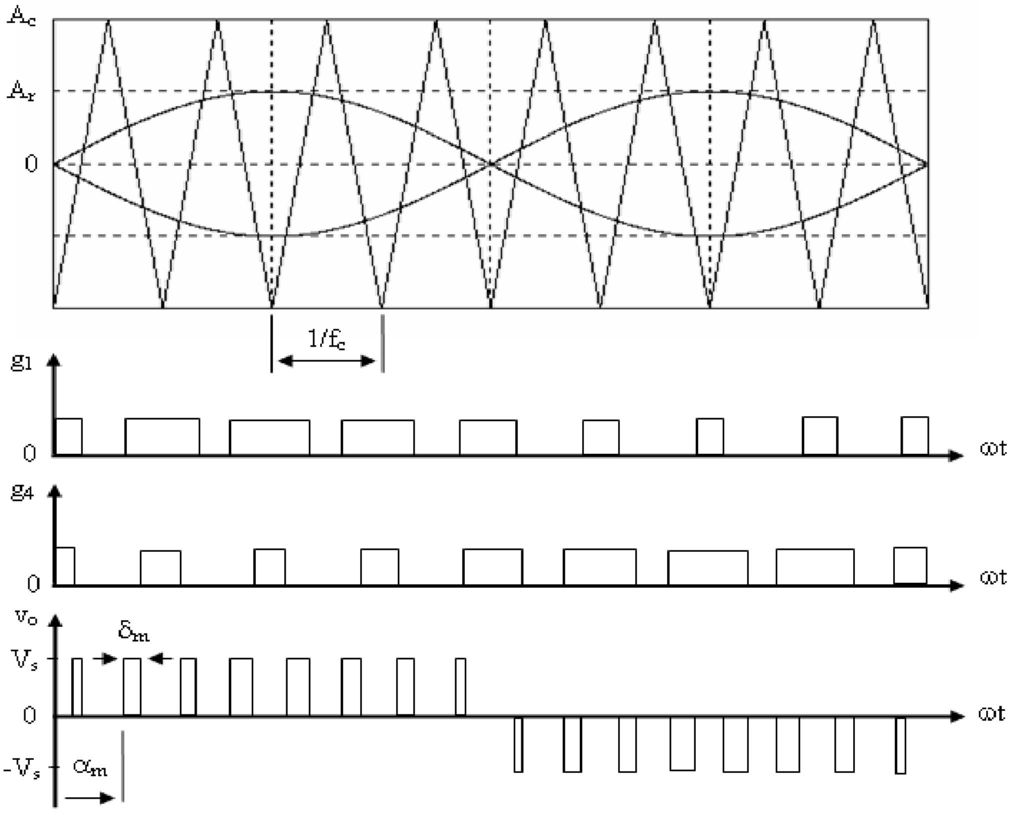
$$V_o = V_s\sqrt{\sum_{m=1}^{P}\frac{\delta_m}{\pi}}$$

حيث إن:

P: هي عدد النبضات الموجودة في نصف دورة.

δ_m : هي عرض النبضة والقابلة للنبضة رقم m.

V_s: هي قيمة الجهد الثابت المستمر.



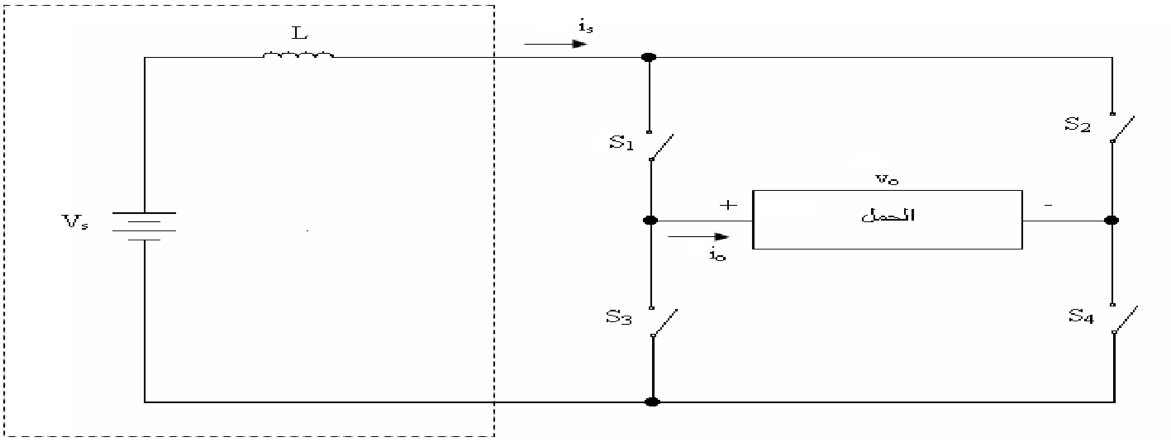
الشكل (٥- ١٢): نبضات المفتاحين S2 و S1 والتي يمكن الحصول عليها بمقارن موجة جيبية مرجعية وموجة مثلثية حاملة وموجة جهد خرج العاكس.

٥- ٥ عاكس مصدر التيار Current Source Inverter CSI

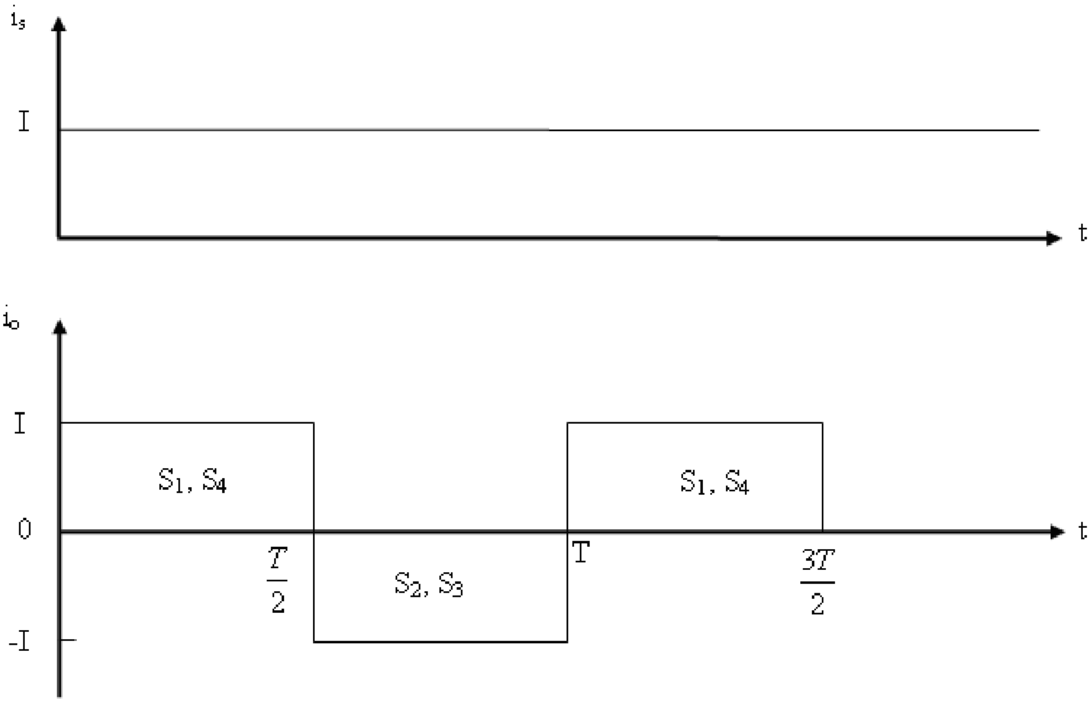
تتصل دائرة مصدر تيار العاكس بمصدر جهد ثابت مستمر وملف حثي و تكون قيمة تيار دخل العاكس أو تيار المصدر له قيمة ثابتة و لابد من المحافظة على ثبات هذه القيمة مهما يحدث من تغير في جهد مصدر الدخل المستمر. يمكن إنجاز هذا عملياً بجعل الملف الحثي له قيمة حثية كبيرة ويمكن بهذه الطريقة منع حدوث أي تغير مفاجئ في قيمة تيار دخل العاكس و بالتالي يتم المحافظة على القيمة الثابتة لتيار العاكس و يحول العاكس تيار الدخل الثابت إلى تيار خرج على هيئة موجة مستطيلة.

٥- ٥- ١ عاكس مصدر التيار القنطري أحادي الطور Single Phase Current Source Bridge Inverter

يبين الشكل (٥- ١٣) دائرة مصدر التيار العاكس القنطري أحادي الطور و نلاحظ عدم وجود دايودات حذافة بدائرة العاكس حيث إن تيار دخل العاكس له قيمة ثابتة و يمكن إيجاز مبدأ عمله كالتالي: يتم إعطاء نبضات لكل من المفتاحين S_1 و S_4 خلال الفترة الزمنية $\mathbf{0 \le t \le T/2}$ و نتيجة لوجود ملف حثي كبير متصل على التوالي مع مصدر الجهد الثابت المستمر يمر تيار ثابت القيمة خلال هذه الفترة الزمنية في الدائرة المغلقة والمكونة من مصدر الجهد المستمر و المتصل على التوالي مع الملف الحثي L والمفتاحين S_1 و S_4 و الحمل (مادي أو حثي) يتم فصل المفتاحين S_1 و S_4 في نهاية هذه الفترة الزمنية حتى
اللحظة الزمنية T/2 و يتم إعطاء نبضات في نفس الوقت لكل من المفتاحين S_2 و S_3 ويمر تيار خلال الدائرة المغلقة و المكونة من مصدر التيار الثابت و المفتاحين S_2 و S_3 الحمل و نتيجة لمرور تيار له اتجاه عكسي في الحمل خلال هذه الفترة الزمنية و فإنه يتم الحصول على موجة مستطيلة لتيار الحمل قيمتها I خلال الفترة الزمنية $0 \le t \le T/2$ و قيمتها I- خلال الفترة الزمنية $T/2 \le t \le T$ و يتكرر شكل هذه الموجة كل فترة زمنية زمنها الدوري T و يمكن التحكم في قيمة تردد تيار الخرج بالتحكم في قيمة الزمن الدوري T أي بالتحكم في زمن إغلاق و فصل المفاتيح الإلكترونية. يبين الشكل (٥- ١٤) موجة كل من تيار دخل العاكس و تيار خرج العاكس.



الشكل (٥- ١٣): دائرة مصدر التيار العاكس القنطري أحادي الطور



الشكل (٥- ١٤): موجة كل من تيار دخل العاكس و تيار خرج العاكس

الوحدة السادسة

السخانات الشمسية

السخان الشمسي
(منظومة تسخين المياه بالطاقة الشمسية)

هي منظومة متكاملة تتكون من عدة اجزاء تستخدم في تجميع الاشعة الشمسية الساقطة عليها وتحويلها الى طاقة حرارية يستفاد منها في تسخين المياه خلال ساعات سطوع الشمس حيث تخزن المياه الساخنة في خزان حراري تمهيدا لاستخدامها خلال اليوم .

المكونات الرئيسية لمنظومة السخان الشمسي:

1-المجمع الشمسي.

2-الخزان .

3-هيكل التثبيت وانابيب التوصيل.

أنواع السخانات الشمسية (منظومة تسخين المياه بالطاقة الشمسية)

حيث حدث تطور تقني ملحوظ في مجال صناعة السخانات الشمسية على مستوى العالم حيث يوجد في الاسواق حالياً نوعيات مختلفة من السخانات الشمسية تتباين فيما بينها في العناصر والخامات والتصميم والسعات وطريق العمل حتى تتناسب مع كافةالاحتياجات تحت الظروف المختلفة.

وتقسم السخانات الشمسية الى نوعين اساسين:

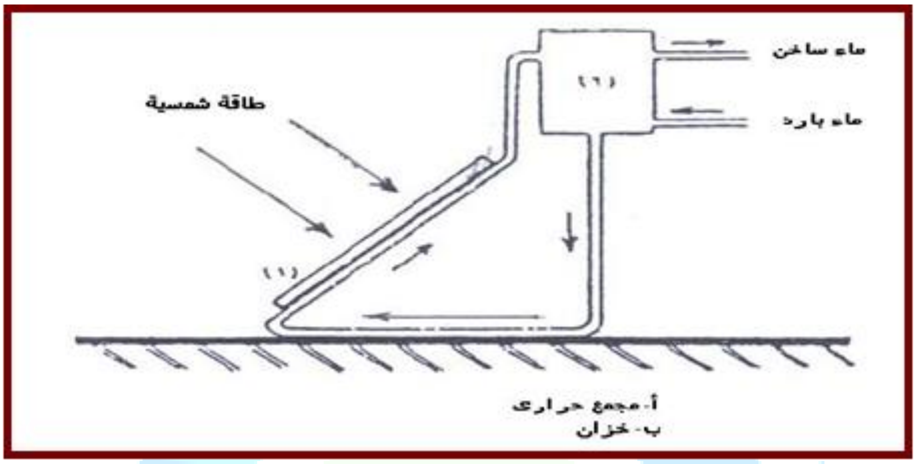
1-النوع التقليدي:

وينقسم هذا النوع بدوره الى قسمين :

أ- السخانات ذات الدائرة المفتوحة(تسخين مباشر):

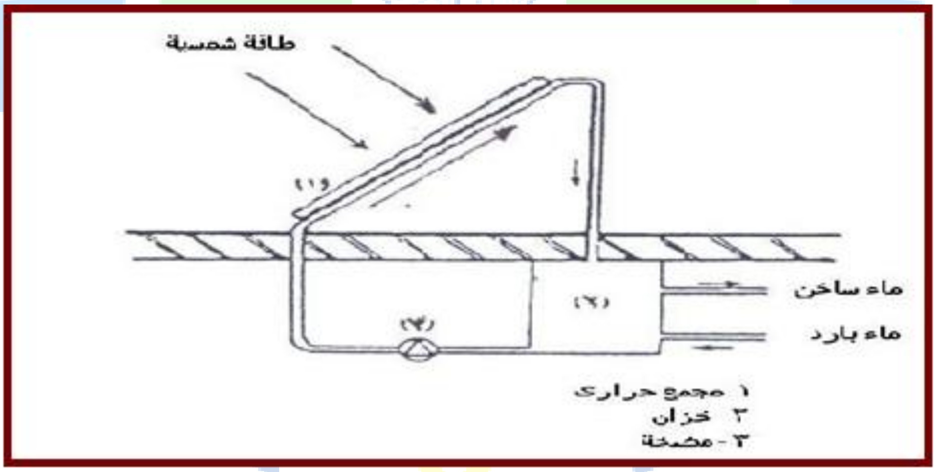
في هذه المنظومة يمر الماء المراد تسخينه مباشرة خلال المجمع الشمسي ومنه الى الخزان ويندرج تحت هذا القسم نوعين من المنظومات

ب-منظومة التدوير الطبيعي(بدون مضخة):



تعتمد هذه المنظومة على الجاذبية وعلى الميل من اجل تدوير طبيعي للماء لان هذه المنظومة لا تحوي معدات كهربائية وهي اكثر وثوقيه من المنظومة القسرية.

2- منظومة التدوير القسري(مع مضخة):



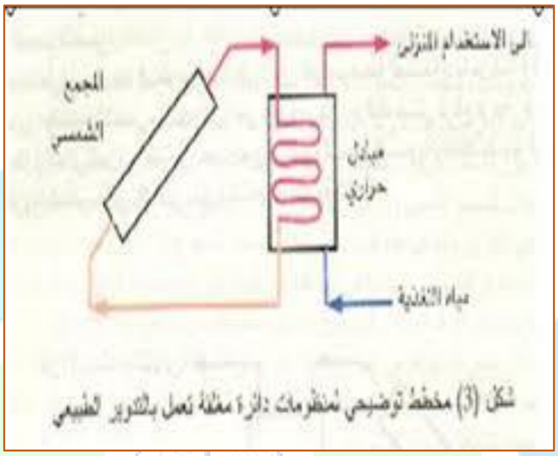
تعتمد على المضخات الكهربائية واجهزة السيطرة لتدوير الماء.

أ- السخانات ذات الدائرة المغلقة(تسخين غير مباشر):

تتشابه هذه السخانات مع السخانات ذات الدائرة المفتوحة فيما عدا ان الماء المستهلكلا يمر مباشرة الى المجمعات الشمسية بليتم تسخينه داخل الخزان عن طـــــــريقمبادل حراري مغمور داخل المياه المراد تسخينها ،ويمثل المجمع الشمسي والمبادل الحراري المغمور دائرة مغلقة يمر خلالها ماء مقطر مضاف اليه اضافات كيميائية مانعة للصدأ وذلك لإطالة عمر السخان الشمسي في المناطق التي توجد فيها درجة ملوحة عالية.

وتقسم هذه المنظومة الى:

1- منظومة التدوير الطبيعي :



شكل (3) مخطط توضيحي لمنظومات دائرة مغلقة تعمل بالتدوير الطبيعي

2- منظومة التدوير القسري:



شكل (4) مخطط توضيحي لمنظومات دائرة مغلقة تعمل بالتدوير القسري

-النوع المتكامل :

يتكون هذا النوع من وعاء واحد متكامل يؤدي وظيفة المجمع الشمسي والخزان في نفس الوقت وذلك بدون أي وصلات خارجية بين المجمع والخزان ،ويعتمد في مبدأ عمله على امتصاص الاشعة وتخزينها مباشرة بواسطة الماء الموجود ضمنه ، ورغم هذا النوع متاح بصورة محدودة على المستوى التجاري الا انه يتوفر بأشكال وسعات وتقنيات مختلفة ، علماً ان هناك العديد من الأبحاث العلمية والتقنية الجارية حالياً على مستوى العالم لتحسين ادائه ورفع كفاءته الانتاجية الامر الذي سيساعد على انتشاره بصورة اوسع حيث يمتاز بانخفاض كلفته الاقتصادية.

انواع المجمعات الشمسية:

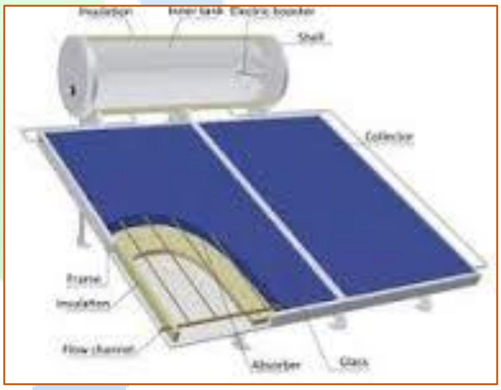
ان المجمعات الشمسية تعد المكون الرئيسي لأنظمة التسخين الشمسية ،فالمجمع الشمسي يجمع ضوء الشمسويحوله الى حرارة تنقل الى الوسيط العامل (الماء ،او الهواء) للاستخدام في المكان المطلوب.

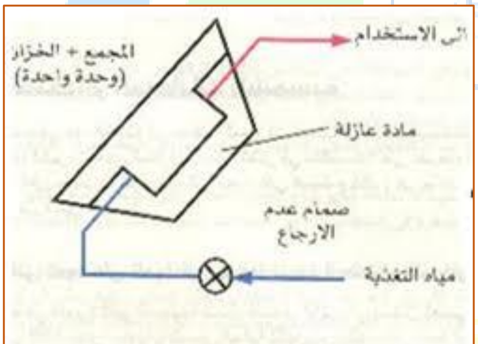
و هناك ثلاثة انواع للمجمعات الشمسية :

1- المجمعات المستوية.
2- المجمعات الانبوبية المخلاة.
3- انظمة المجمعات التخزينية التكاملية.

اولا:المجمعات المستوية:

و هي المجمعات الاكثر انتشاراً من بين الانظمة الاخرى ،فهو عبارة عن صندوق معدني معزول مع غطاء بلاستيكي او زجاجي مع صفيحة معدنية ماصة للحرارة ، والوسيط الناقل للحرارة فيها اما سائل او هواء.





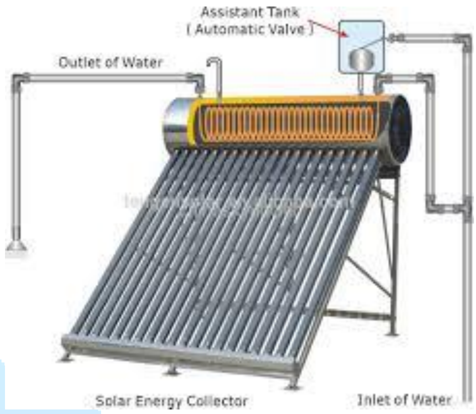
شكل(5) مخطط توضيحي لمنظومة الوحدة المتكاملة

أ- المجمعات المستوية ذات الوسيط السائل :حيث يتدفق السائل الناقل للحرارة (غالبا الماء) ضمن الصفيحة الماصة ليسخن ويخرج من الطرف المقابل ،وهي اما ان تكون مباشرة او غير مباشرة.

ب-المجمعات المستوية الهوائية: تستعمل بشكل اساسي من اجل تدفئة الهواء في المنازل او للأغراض الاخرى وحيث يتدفق الهواء ضمن صفيحة الممتص اما بشكل طبيعي او باستخدام مروحة ليسخن ويخرج منها للاستخدام ،وتعد هذه المجمعات اقل كفاءة من المجمعات ذات الوسيط السائل.

ثانياً: المجمعات الانبوبية المخلاة :

أ- المجمعات الانبوبية المخلاة يمكن ان تعطي درجات حرارة عالية جداً تتراوح(170ـــ350) فهرنهايت مما يجعلها أكثر ملاءمة لتطبيقات التبريد والتطبيقات البخارية الصناعية ،ومن جهة ثانية المجمعات الأنبوبية اكثر كلفة من المجمعات المستوية ،حيث يكلف الواحد منها ما يعادل كلفة انشاء اثنين من المجمعات المستوية.







وتتألف هذه المجمعات عادة من صفوف متوازية من الانابيب الزجاجية ،كل انبوب يحتوي على انبوب زجاجي خارجي شفاف وبداخله انبوب معدني ماص للحرارة ،حيث يكون مغطى بمادة تمتص الحرارة الشمسية بشكل جيد ،ويمتاز هذا النوع من المجمعات بمردود عالي سبب ذلك هو ان الهواء بين الانبوبين المتداخلين مزال الامر الذي يحول دون ضياع الحرارة بفعل التوصيل.

ثالثاً : انظمة المجمعات التكاملية :

تعرف ايضاً باسم (ICS) تتألف من خزان واحد او اكثر حيث يكون كل خزان مطلي من الداخل بمادة داكنة ويكون معزول بشكل جيد ،فهذا المجمع يلعب دور المجمع الشمسي ودور الخزان في وقت واحد.

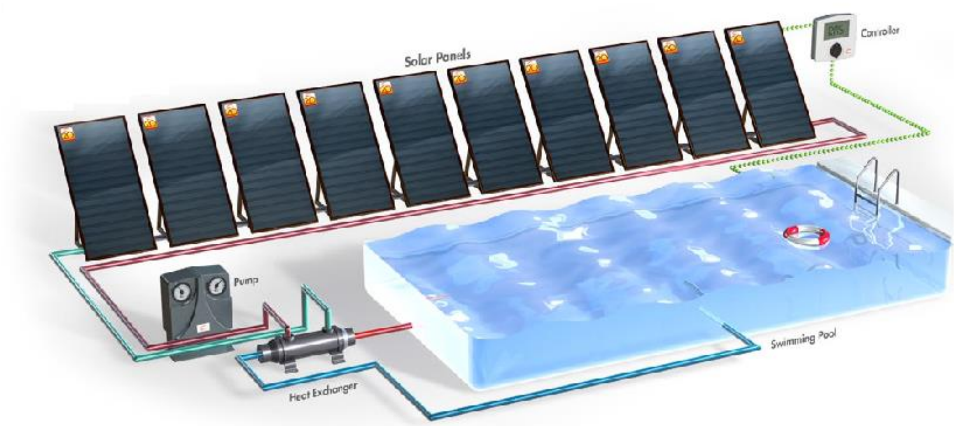
الاعتبارات الفنية الواجب مراعاتها في اختيار وتركيب السخان الشمسي :

هناك عدة اعتبارات فنية يتم على ضوئها اختيار وتركيب السخان الشمسي المناسب نذكر منها:

1- نوع منظومة السخان الشمسي والتي يتم تحديدها بناءاً على طبيعة الاستهلاك ونوعية المياه المتوفرة وكمية المياه المطلوبة للاستعمال اليومي .
2- سعة الخزان و التي تمثل كمية المياه المطلوبة للاستعمال اليومي والتي تعتمد بالدرجة الاولى على عد د افراد المنزل .
3- زاوية الميل للمجمعات الشمسية والتي يجب ان تتناسب مع الموقع الجغرافي للمنزل .
4- تثبيت السخان الشمسي بإحكام مواجهاً للجنوب بقدر الامكان مع تفادي حدوث ظلال على سطح المجمع من المباني المجاورة.
5- تغطية اسطح المجمعات الشمسية كلما دعت الحاجة الى ذلك.
6- خدمة الصيانة والمتابعة .

تسخين احواض السباحة بالطاقة الشمسية:

ان سخانات الماء الشمسية يمكن ان تستعمل ايضاً لتسخين مياه المسابح ، حيث تقوم المجمعات الشمسية بتسخين المياه الى درجات اعلى بقليل من درجة حرارة الجو المحيط ،حيث تستخدم لهذه الغاية المجمعات الشمسية الرخيصة الغير مزججة والتي تصنع عادة من المواد البلاستيكية المعدة خصيصاً لهذه الغاية.



فالمجمعات الشمسية المزججة ليست نموذجاً للاستخدام في تطبيقات تسخين مياه المسابح ماعدا الاحواض الداخلية .

ان تسخين مياه المسابح باستخدام الطاقة الشمسية يتطلب مجمع شمسي ذو مساحة تساوي من(50ـــ150) من المساحة السطحية للمسبح وهذا مكلف نوعاً ما، وبشكل عام كلما زادت مساحة المجمعات اصبح بالإمكان استخدام المسبح في طقس بارد اكثر .كما ان تغطية المسبح وعزله يؤثر تخفيض ضياع الحرارة بشكل ملحوظ وبالتالي الحفاظ على مياه المسبح دافئة لفترات طويلة.

حيث يتطلب أي نظام تدفئة شمسي لحوض سباحة من(2000ـــ10000)$ وهذا يعتمد الحجم وعلى تصميم النظام وعلى نوع المجمعات 000 في حين ان كلفة الصيانة منخفضة جداً.

يمكن استخدام الطاقة الشمسية لتدفئة الابنية شتاءاً ،حيث يتألف النظام من مجمعات شمسية وخزان للحرارة ومضخة في حال استعمال الماء الساخن كوسيط ناقل للحرارة ،ومروحة في حال استعمال الهواء كوسيط ناقل للحرارة .كما تحتاج انظمة التدفئة بالطاقة الشمسية الى مصدر حراري مساعد ، اذا لم تحتو على خزان حراري .

ويعتمد مبدأ عملها على وجود مجمع شمسي يقوم بتلقي الطاقة الشمسية وتحويلها الى حرارة تنتقل الى الوسيط العامل والذي بدوره ينقل الحرارة الى المكان المراد تدفئته.

تتكون المجمعات الشمسية المتطورة و المخصصة لتسخين الماء من ألواح إطارية تتوزع داخلها أنابيب نحاسية سوداء و مغطاة بالزجاج لأجل حبس الحرارة داخل اللوح و بالتاي زيادة كفاءتها التسخينية .

إن عملية تسخين المياه لا يتطلب بالضرورة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية، فيمكن أن يتم ذلك بطريقة استخدام اللواقط الشمسية ذات السطح الماص الأنبوبي والمصنوع من الفولاذ المغلفن أو من

النحاس مع صفيحة ماصة من الفولاذ والألمنيوم ، ويعمل معظم هذه الأجهزة بدارة مفتوحة معتمدة على مبدأ التعب الحراري .

تتركب السخانات الشمسية بصفة عامة من سطح امتصاص الأشعة الشمسية وقنوات سريان وسيط التسخين وعوازل حرارية لمنع تسرب الحرارة المكتسبة في وسيط التسخين إلى الوسط المحيط . وسوف نتحدث عن هذه المكونات باختصار شديد فيما يلي :

1- سطح الامتصاص :

يصنع سطح الامتصاص في الغالب من معدن مطلي بألوان داكنة وذلك لزيادة معدل امتصاص حيث تتميز الألوان الداكنة بمعدل عال الامتصاص الأشعة الشمسية يصل إلى 98% ولكن يعاب على الألوان الداكنة قابليتها الشديدة لفقد الحرارة بطريقة الإشعاع حيث يصل ذلك المعدل إلى 90% بعبارة أخرى فإن السطح الماص الداكن قادر على امتصاص ما نسبته 98% من الطاقة الساقطة عليه ولكنه سيعيد إشعاع ما نسبته 90% من الطاقة المكتسبة لتصبح الاستفادة من جزء صغير فقط من الطاقة الشمسية الساقطة على السخان وستضيع النسبة الكبرى سدى من أجل ذلك تستخدم أنواع خاصة من الطلاء ذات معدل امتصاص عالي ومعدل إشعاع منخفض وتسمي مثل هذه الطلاءات بالطلاءات الانتقائية (Selective Coatings) ومن أمثلة هذه الطلاءات أكاسيد الكروم والكوبالت .

2- قنوات سريان وسيط التسخين :

تصنع هذه القنوات عادة من معادن مثل النحاس والفولاذ أو من المطاط وهي تختلف من تطبيق إلى آخر باختلاف نوع الوسيط وكذلك باختلاف مادة سطح الامتصاص ، فهناك قنوات مستطيلة ذات مساحات كبيرة (1510 x سنتيمترات) لتسخين الهواء . وهناك قنوات دائرية ذات أقطار صغيرة (أنابيب أقطار بحدود 1 سنتيمتر) لتسخين السوائل .

3- العازل الحراري :

عندما ترتفع درجة الحرارة داخل السخانات بالمقارنة بالجو المحيط بها يصبح هناك إمكانية لفقد هذه الحرارة .بالتوصيل وذلك عن طريق جوانب السخان والجهة السفلية منه ، وبالحمل ، والإشعاع عن طريق الغلاف الزجاجي ، وعليه يمكن الاستعانة بمواد وأساليب خاصة للحد من هذه الفواقد حسب نوعية الفقد وذلك على النحو التالي : -

الفقد بالتوصيل : ويمكن الحد منه بإحاطة جوانب وأسفل الماص وأنابيب التسخين بمواد خاصة ذات توصيلية حرارية متدينة متدنية مثل الصوف الزجاجي الألياف الزجاجية والبولي ستيرين .

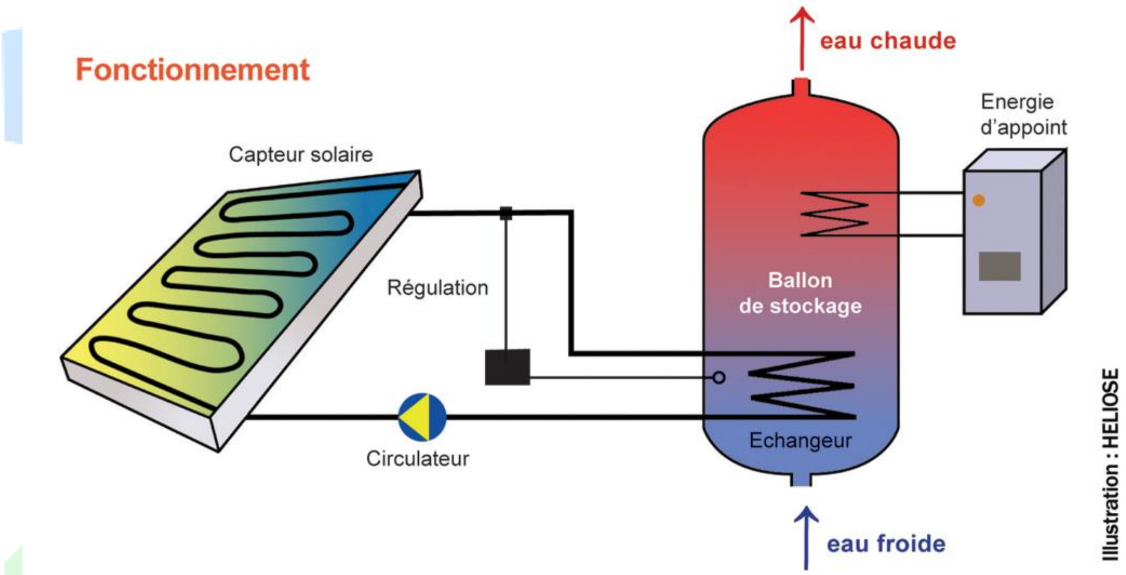
الفقد بالحمل : ويمكن الحد منه بسحب الهواء الموجود بين الأغطية الزجاجية أو بوضع أنابيب التسخين مع السطح الماص دخل أنابيب زجاجية مفرغة من الهواء .

الفقد بالإشعاع : ويمكن الحد منه باستخدام أغلفة زجاجية منفذة للأشعة القصيرة من الشمس وفي نفس الوقت معتمة بحيث تمنع انعكاس الأشعة ذات الموجات الطويلة الصادرة من السطح الماص .

تطبيقات السخانات الشمسية:

يمكن صناعة السخانات الشمسية في عدة أحجام لتلبية الاحتياجات من الطاقة الشمسية حسب درجات الحرارة المطلوبة للمياه ، سواء أكانت دافئة (أقل من 50 درجة مئوية) لحمامات السباحةأو ساخنة (من 60 –80 درجة مئوية) للاستعمال المنزلي أو مغلية للحصول علي بخار لتوليد الكهرباء .وهذا يعتمد علي قدرة السخان الشمسي وتصميمه.

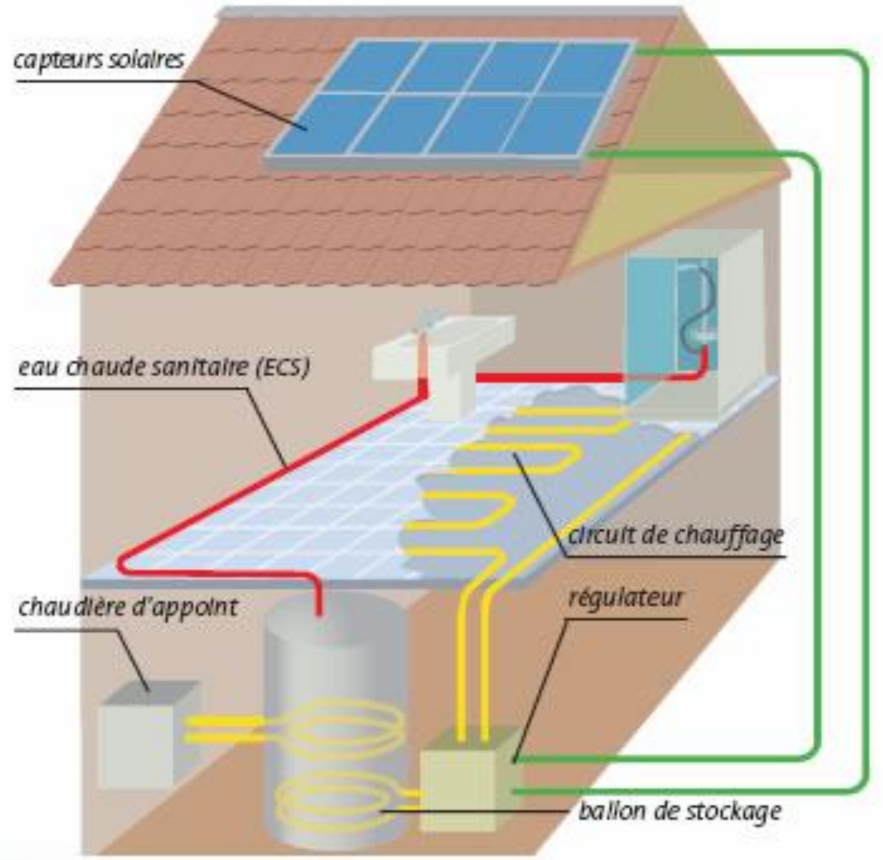
وأبسط هذه السخانات السخان الشمسي المسطح *flat-plate solar heatercollector* وهو عبارة عن صندوق معزول معدني له غطاء من الزجاج العادي أو البلاستيك الشفاف وبداخله لوح ماص للحرارة ملون وغامق. وغالبا باللون الأسود ،لامتصاص حرارة أشعة الشمس .وبداخله سربنتينة(أنابيب يمر بها الماء لتسخينه ، أو الهواء المراد تسخينه للتدفئة .



واللوح الماص من معدن نحاس أو ألمونيوم أو من سبيكة منهما . لأنهما لهما قدرة كبيرة علي توصيل الحرارة وبسرعة وكفاءة عالية . والنحاس مقاوم للتآكل رغم أنه أكثر تكلفة. والصندوق معزول لمنع تسرب الحرارة منه .والماء الساخن يخزن في خزانات عازلة للحرارة بداخلها . وقد يكون من الزجاج أو الفيبر جلاس للاحتفاظ بحرارة الماء ولاسيما للاستعمال أثناء الليل .

وبالنسبة لسخانات الهواء الشمسية *Solarairheaters*التي تستخدم لتجفيف المحاصيل الزراعية وتدفئة المنازل بالهواء الساخن ،فهي أقل تكلفة وأسهل في التشغيل ،وأقل حرارة من السخانات الشمسية التي تسخن الماء.فاللوح الماص للحرارة والمسطح بالسخان الشمسي، سواء أكان لوحا معدنيا أوغير معدني ،

يمر الهواء به بالحمل أو بواسطة مروحة تدفعه وتدوره به لتسخينه . رغم أنه أقل توصيلا للحرارة من الماء.



والسخان الهوائي أقل عطبا ويعمل لسنوات طويلة .لكن استعمالاته مازالت متدنية في الدول النامية .ويمكن تشغيله بإمرار الهواء لتسخينه تحت اللوح الماص للحرارة أو خلاله أو فوقه .وقد ترتفع درجة الحرارة ما بين 20 – 50 درجة مئوية حسب طريقة العزل بالسخان، ومعدل مرور الهواء به وتراكم الأتربة عليه التي تقلل من امتصاصه للحرارة .وأحسن ناقل للحرارة تكون المادة الماصة من المعدن المخرم. فالمراوح تشفط الهواء وتدفعه بالثقوب بالمعدن بعد تسخينه بالشمس . وهذه السخانات مختلفة الأحجام . و قد تتوقف عن التسخين حسب سوء الأحوال الشمسية وغياب الشمس المشرقة .

وهناك نوع ثالث من السخانات الشمسية يطلق عليه سخان (مجمع)الأنبوب المفرغ -Evacuated tube heater collector لتسخين الماء بدرجة عالية حيث تدخل الشمس من خلال السطح الزجاجي لتقع علي أنابيب زجاجية شفافة مفرغة من الهواء ومغلقة ومتوازية وبداخلها أنابيب ماصة للحرارة تمر بها المياه لتسخن بالتلامس . وتخزن المياه في خزان .والأنابيب المفرغة حول الأنابيب الماصة للحرارة لا تفقد الحرارة ، لأن الفراغ لا يوصل الحرارة ولا يفقدها لعدم وجود هواء يوصل الحرارة أو يحملها بالحمل أو يدور بداخلها فيفقدها .وهناك أنابيب مفرغة وبداخلها أنابيب المياه المراد تسخينها، يسع الأنبوب 19 لتر ماء . مما يجعلها لا تحتاج لخزانات بجوارها لتخزين المياه الساخنة.ويمكن وضع الجهاز مائلا رأسيا أو أفقيا .

وتوجد السخانات المركزة Concentrating Collectors التي تستخدم المرايا اللامة (المقعرة) لتعكس الأشعة المركزة للشمس فوق اللوح الماص لتقع في بؤرة تجميع لأشعة الشمس فوق المستقبل بحيث يمر به الماء المراد تسخينه . وهذه السخانات تعطي درجات حرارة للماء أعلي بكثير من السخانات الشمسية العادية ، وتدور مع اتجاه الشمس . وهذا النوع يعطي ماء مغليا أو يستخدم في تقطير وتعذيب المياه المالحة بإلحاق جهاز تكثيف به للحصول علي الماء المقطر .

ويمكن استخدام هذه الوسيلة لطبخ الطعام في قدور سوداء يطلق عليها الفرن الشمسي SOLAR ERS حيث تسلط عليها هذه المرايا اللامة لتتركز اشعة الشمس فوق جدران هذه القدور.وقد تصل درجة الحرارة 200درجة مئوية .وهذه الوسيلة يمكن من خلالها قتل البكتريا وتعقيم المياه ، وهي غير مكلفة لو صممت هذه المجمعات الشمسية مع بناء المبني.وحجم جهاز تجميع الطاقة يعتمد علي الاستعمال والحاجة اليومية .فالشخص يمكنه استهلاك 50 لتر يوميا من الماء الساخن في درجة من 55 – 60 درجة مئوية .





وكل خزانات المياه الساخنة معزولة حراريا و بها توصيلة لدخول الماء البارد لها صمام (محبس سكس بلف) يجعل الماء يتجه في اتجاه واحد ولا يرتد أو يفرغ الخزان . وتوصيلة لخروج الماء الساخن ، وتوصيلتان لأنابيب التدوير. ويمكن تثبيت الخزان فوق حامل . ويقدر حجمه 80 لتر لكل شخص ، ليستهلك 50 لتر ماء ساخن يوميا . وهناك تقنية تعذيب وتقطير مياه البرك والمحيطات عن طريق استخدام الطاقة الشمسية المتجددة ولاسيما في المناطق التي تغمرها أشعة الشمس المتدفقة . وهذه التقنية عبارة عن إنشاء خزانات كبيرة من الطوب أو الأسمنت أو البلاستيك أو الآجر ، ومحكمة للمياه المراد تقطيرها.وتغطي بغطاء زجاجي أو بلاستيكي شفاف ومائل . وقعر الخزان مبطن بمادة سوداء ليمتص حرارة الشمس التي تبخر الماء المقطر ليتكثف تحت الغطاء المائل بفعل الهواء الخارجي وليتجمع في جوانب الغطاء وينساب في أنابيب أسفله ليعطينا الماء المقطر الذي يتجمع في خزانات خاصة معزولة عن الحرارة حتى لا يتبخر الماء ثانية .وهذه الطريقة غير مكلفة ولاحتاج لصيانة الأجهزة. وتعمل بانتظام طالما أشعة الشمس موجودة .والمياه الناتجة لها جودة عالية وبها هواء ولا يوجد بها معادن ، لهذا طعمها قد يكون غريبا بعض الشيء أثناء الشرب ، لكنها خالية من البكتريا والطفيليات والملوثات تقريبا ، وهذه المياه تقلل انتشار العدوى بالأمراض المعدية ولاسيما في البلدان التي تسبب مياه الشرب العدوي بها، كعدوي الكوليرا والتيفويد .

دليل سخان الماء الشمسي المسطح (Sundware)

نهنؤكم على اقتنائكم سخان الماء الشمسي المتطور المسطح «ساندوير» لتسخين المياه بالطاقة الشمسية. وهذا السخان يُمَكِّنُكم من التمتع بالماء الساخن مجاناً كل يوم على مدار السنة تقريباً، ويعطيكم سنوات طويلة من الخدمة المجانية. وقد يكون هو المنتج الأكثر صداقة للبيئة من أجل توفير الماء الساخن مجاناً دون تعريض بيئتنا لظاهرة الاحتباس الحراري. ويمتاز سخان الماء الشمسي (Sundware) ببساطة تصميمه، فهو لا يحتاج إلى طاقة للتشغيل، كما يخلو من المضخات وأجهزة التحكم المستعملة في الأنظمة والتطبيقات الأخرى للطاقة الشمسية، حيث يعتمد في عمله على حقيقة أن المياه، عند تسخينها، تقل كثافتها ويقل وزنها. وإن دوران السائل الناقل للحرارة بهذه الطريقة في داخل السخان يعرف بالتدفق الطبيعي (Thermosiphonic). كما تتميز مجمعات هذا السخان بفاعليتها العالية حيث تعمل بوساطة الضوء، وبالتالي فهي لا تحتاج لأن تكون معرضة لأشعة الشمس مباشرة – حيث يمكن لهذه المجمعات أن تزودكم بكمية المياه الساخنة المطلوبة حتى في الأيام الغائمة بمجرد تعرضها لضوء الشمس.

ويتوقع لكم أنه في غضون سنتين من شرائكم لسخان الماء الشمسي نوع الساندوير، أن تكونوا قد وفرتم من استهلاك الطاقة ما قيمته ثمن السخان، والذي يقدر عمره الافتراضي بما يزيد عن (٢٠) عاماً.

يوجه هذا الدليل والمعلومات المتضمنة فيه إلى الزبائن بشكل رئيس، وإلى المروجين، والتجار، والصناعيين، وفنيي الصيانة والتركيب. ويتضمن إجابات على الكثير من الأسئلة التي تراودهم، إضافة إلى الكثير من المعلومات الهامة التي تجعلهم على دراية جيدة بالموضوعات التالية:

- مكونات السخان الشمسي لجهاز الساندوير.
- طريقة عمل سخان الماء الشمسي (ساندوير).
- أعطال سخان الماء الشمسي (ساندوير)، وأسبابها، وطرائق معالجتها.
- الاعتبارات الواجب اتخاذها عند جمع وتركيب سخان الماء الشمسي (ساندوير).

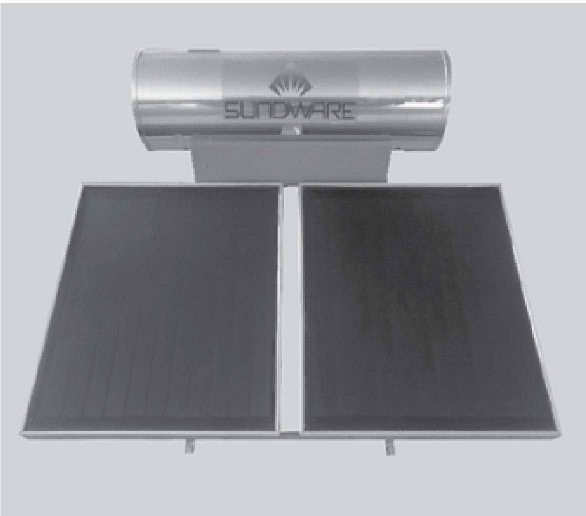
دليل سخان الماء الشمسي المسطح

المقدمة

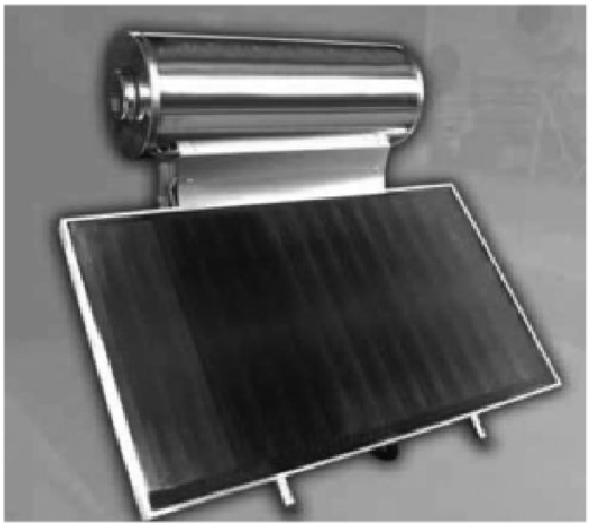
سخان الماء الشمسي بشكل عام، هو عبارة عن جهاز يقوم باستغلال الطاقة الشمسية لأغراض تسخين المياه للاستعمال المنزلي. ويعتمد في عمله على مقدار الطاقة الشمسية الواقعة عليه، وعلى الظروف المناخية المحيطة به، وعلى مساحة مجمعه الشمسي وطريقة تصميمه، وعلى حجم خزان الماء الشمسي.

١- مكونات سخان الماء الشمسي المسطح (Components of Flat SHW System)

يتكون السخان الشمسي ذي المجمع المسطح الذي يعمل بمبدأ السريان الطبيعي للماء من المكونات الرئيسة التالية المبينة في الشكل (١): المجمع الشمسي، وخزان الماء الشمسي، والقاعدة.



سخان الماء الشمسي (ساندوير) ذي المجمعين



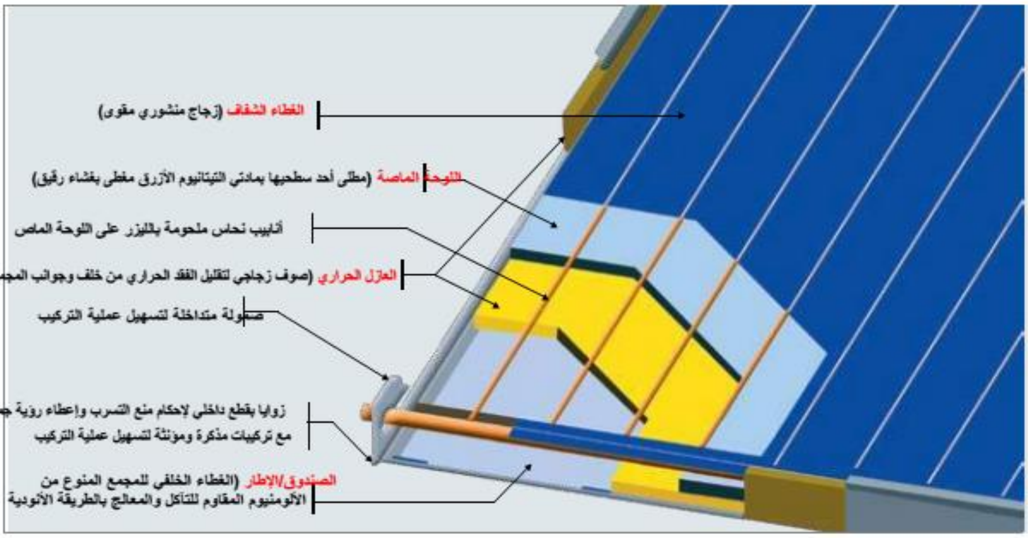
سخان الماء الشمسي (ساندوير) ذي المجمع الواحد

شكل (١): سخان الماء الشمسي «ساندوير» ذي المجمعين وذي المجمع الواحد

١-١ المجمع الشمسي (Solar Collector):

ويتضمن المكونات المبينة في الشكل (٢)، وتقسم هذه المكونات إلى الأقسام الرئيسة التالية: الغطاء الشفاف، واللوحة الماصة، والعازل الحراري، والصندوق أو الإطار. ويشكل هذا المجمع الجزء الرئيس الهام من سخان الماء الشمسي.

ويتميز المجمع الشمسي المستخدم في أجهزة الساندوير بفاعليته العالية، والذي تم تطوير مكوناته تكنولوجياً بحيث أصبح قادراً على تخزين كمية كبيرة من الحرارة في مياه خزان الماء الشمسي، مما جعل فاعليته أعلى بكثير من فاعلية المجمعات الشمسية التقليدية.



شكل (٢): مكونات المجمع الشمسي

غطاء المجمع الشمسي الشفاف (Transparent Cover of the Collector):

وهو عبارة عن غطاء زجاجي سماكة (٤) مم، يمرر أشعة الشمس إلى داخل المجمع الشمسي (إلى اللوحة الماصة)، ويحفظ أجزاءه الداخلية من الأمطار والغبار والعوامل الجوية الأخرى بوساطة إطار من السيليكون المقاوم جداً لأشعة الشمس ولدرجات الحرارة العالية.

ويتميز الغطاء الزجاجي لمجمع „ساندوير" عن الأغطية الزجاجية للمجمعات الشمسية التقليدية بأنه من النوع المنشوري المقوى (Tempered Glass) الذي يتصف بقوة تحمله العالية ومقاومته للعواصف والثلوج، وبالتالي فإن إمكانية كسره ضئيلة جداً. وفي حالة انكساره، فإنه يتحطم الى قطع صغيرة غير ضارة (كما يحدث مع زجاج نوافذ السيارات)، مما يوفر السلامة المطلوبة. كما يتميز هذا الزجاج أيضاً عن زجاج المجمعات الشمسية التقليدية باحتوائه على كمية ضئيلة جداً فقط من أكاسيد الحديد، مما يزيد من نفاذيته لأشعة الشمس، ويسمح لجزء كبير منها بالوصول إلى اللوحة الماصة، وبنفس الوقت فإنه يعيق من فقدان الأشعة بعد دخولها المجمع الشمسي، مما يعطي أداء أعلى لتجميع الطاقة الشمسية.

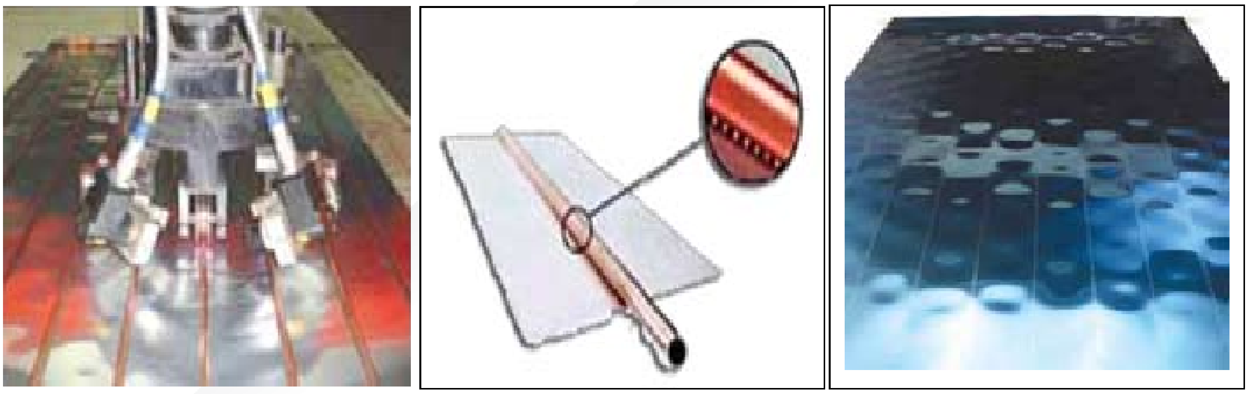
اللوحة الماصة (Absorbing Plate):

وهي عبارة عن صفيحة ماصة للحرارة مصنوعة من النحاس أو الألومنيوم، مركب عليها أنابيب نحاس (كما مبين في الشكل ٣) يمر فيها سائل ناقل للحرارة لينقل الحرارة من هذه اللوحة إلى مياه الخدمة المنزلية الموجودة في خزان الماء الشمسي.



شكل (٣): اللوحة الماصة

عادة، تدهن اللوحات الماصة التقليدية باللون الأسود. وكما هو الحال مع كل سطح أسود ساخن، ينبعث منه نسبة عالية من الإشعاعات الحرارية. فالمجمع الشمسي ذي اللوحة الماصة المدهونة باللون الأسود يمتص حوالي (٦٠٪) من الإشعاع الحراري، وينبعث منه ما نسبته (٤٠٪)، مما يقلل من فاعليته. وتتميز اللوحة الماصة المستخدمة في سخان السانديور بأنها تتواجد بنوعين: لوحة ماصة مصنوعة من الألومنيوم، ولوحة ماصة مصنوعة من النحاس، حيث يطلى أحد سطحي كلا اللوحتين كيميائياً بمادة التيتانيوم الأزرق (Blue Titanium Selective Coating)، وهو من أفضل المواد الموصلة والماصة للحرارة، ثم يغطى هذا الطلاء ويحفظ بوساطة غشاء رقيق، في حين تلحم أنابيب النحاس على السطح الآخر لكل منهما بلحام الليزر. وتمتاز هذه التقنية الحديثة بنسبة امتصاصها العالية للإشعاع الضوئي/الشمسي ومحافظتها عليه، حيث تمتص لوحة الألومنيوم حوالي (٩٤٪) من هذا الإشعاع، وتخفض الانبعاث الحراري ليصل إلى حوالي (٦٪)، في حين تمتص لوحة النحاس حوالي (٩٥٪) وتخفض الانبعاث الحراري ليصل إلى حوالي (٥٪)، مما يجعلها تعمل بكفاءة وفاعلية عالية.



أ-طلاء اللوحة بمادة التيتانيوم الأزرق   ب- لحام أنبوب النحاس بالليزر   ج- طريقة اللحام بالليزر

شكل (٤): التقنية المتطورة للوحات الماصة المستخدم في مجمعات السانديور

وتستخدم هذه التقنية بشكل رئيس في سخانات الماء الشمسية المستخدمة في المباني السكنية، حيث الطلب على الماء الساخن كبير، وله أثر كبير على فواتير الطاقة. كما تستخدم هذه التقنية في التطبيقات التجارية لسخانات الماء الشمسية كالمغاسل، وغسيل السيارات، والمصانع والمدارس والفنادق، إلخ.

أنابيب النحاس (Copper Tubes):

وهي الأنابيب التي تنقل الحرارة الممتصة في اللوحة الماصة إلى خزان الماء الشمسي في دورة مغلقة. ويوجد في المجمع الشمسي نوعين من أنابيب النحاس:

الأنابيب الصاعدة (Risers):

وتتواجد بقياسين هما:(١٠ × ٠.٥٠ مم) أو (٨ × ٠.٤٠ مم)، وتلحم هذه الأنابيب على أحد سطحي اللوحة الماصة بوساطة لحام الليزر.

الأنابيب الرئيسة (Headers):

وتتواجد بقياس واحد هو: (٢٢ × ٠.٧٠ مم).

العزل الحراري (Thermal Insulation):
يتضمن جهاز السخان الشمسي نوع الساندوير طبقة من مادة الصوف الزجاجي بسماكة (٣٠) مم (كثافة ٣٠ كغ/م٣) توضع تحت السطح الماص، وطبقة أخرى بسماكة (١٥) مم (كثافة ٦٠ كغ/م٣) توضع على جوانب المجمع الشمسي. ويعمل هذا العازل على منع تسرب الحرارة من السطح الماص إلى خارج المجمع بهدف حفظ الحرارة لتوظيفها في عملية تسخين الماء.

<u>لماذا يستخدم عازل الصوف الزجاجي في المجمع الشمسي لسخانات ماء الساندوير؟</u> عندما لا يتم استخدام المياه الساخنة من السخان الشمسي خلال فترات التغيب عن المنزل في العطل والإجازات، قد تصل درجات حرارة المياه الساخنة في خزان الماء الشمسي (Solar Water Tank) إلى درجات حرارة عالية. وفي هكذا ظروف، قد ترتفع درجة حرارة اللوحة الماصة التقليدية السوداء في النهار إلى درجة حرارة (١٥٠) مئوية، في حين أنها قد تصل في المجمع الشمسي نوع ساندوير ذات الطلاء الانتقائي (selective coating)، إلى درجة حرارة (٢٠٠) مئوية نظراً لقدرتها على امتصاص كميات أكبر من الحرارة. إن درجة الحرارة العالية والتي تعرف بدرجة حرارة الركود (Stagnation Temperature) التي يصل إليها المجمع الشمسي تؤخذ بعين الاعتبار عند تحديد نوع العزل المطلوب للمجمع. وتستخدام مادة الصوف الزجاجي (Glass Wool) في مجمعات سخانات الماء نوع ساندوير لكونه من أفضل أنواع العزل نظراً لخصائصه التالية: هو عازل غير قابل للاحتراق، وموصليته الحرارية قليلة، وقابليته لامتصاص الرطوبة ضئيلة، ووزنه خفيف بالنسبة لحجمه، وهو غير سام، ومقاوم للتآكل. وجميع هذه العوامل تساهم في زيادة كفاءة المجمع الشمسي وتضمن أيضاً العمر الطويل المتوقع له.

صندوق المجمع الشمسي (Collector Frame):
وهو عبارة عن صندوق محكم الغلق يحفظ أجزاء المجمع الشمسي الموجودة بداخله من العوامل الجوية، ويتواجد بنوعين أفقي وعمودي كما مبين في الشكل (٥). ويتميز صندوق المجمع الشمسي نوع ساندوير بإطاره المقوى المصنوع من قطعة واحدة من الألومنيوم المقاوم للتآكل والمعالج بالطريقة الأنودية (Anodize Aluminium Profile)، إذ إنه مشكل بشكل رباعي بحيث لا تحتوي زواياه على مسامير ربط أو تباشيم أو براغي، مما يعطيه القوة والمتانة المطلوبة، بسبب عدم تأثره بعوامل التفكك نتيجة التمدد والتقلص أو الاهتزاز. كما يصنع غطائه الخلفي أيضاً من الألومنيوم المقاوم للتآكل والمعالج بالطريقة الأنودية.



شكل (٥): أنواع المجمع الشمسي المستخدمة في سخانات الماء الشمسية "ساندوير"

منع التسرب (Sealing):

يركب حول صندوق المجمع الشمسي لسخان ماء الساندوير مادة السيليكون الأسود ذي الشريط اللاصق المزدوج المانع للتسرب والمقاوم للحرارة من نوع (IG)، بهدف عزل مكونات الصندوق الداخلية عن الجو المحيط للوقاية من حدوث تكثيف (Condensation) على جدرانه الداخلية.

١-٣ خزان الماء الشمسي (Solar Water Tank):



شكل (٦): خزان الماء الشمسي

ويتميز خزان الماء الشمسي المستخدم في سخانات ماء الساندوير المبين في الشكل (٦)، بمواده المقاومة لضغط المياه، ومقاومته للتآكل الناتج من رواسب مياه الخدمة المنزلية. كما يتميز هذا الخزان بوجود فتحة (فلانجة) لتنظيف محتويات اسطوانته الداخلية من الرواسب الناتجة عن عملية تسخين المياه مما يطيل من عمر الخزان. ويتكون هذا الخزان من الأجزاء الرئيسة التالية:

الأسطوانة الخارجية (External Cylinder):

وكما مبين في الشكل (٦)، تتميز هذه الأسطوانة بأنها مصنوعة من الفولاذ المغطى من الخارج بالستانلس ستيل المقاوم للصدأ لحمايتها من الأكسدة والعوامل الجوية المختلفة، ومغطاة من الداخل بطبقة من السيراميك لتحمي الخزان من التآكل الناتج عن عملية تسخين المياه. وهذه الأسطوانة هي المكون المكمل لدورة المياه الشمسية المغلقة. يدخل إليها الماء الساخن الذي تم تسخينه في المجمع لينقل الحرارة إلى مياه الخدمة المنزلية الموجودة في الأسطوانة الداخلية.

الأسطوانة الداخلية (Internal Cylinder):

تتميز هذه الأسطوانة بإمكانية تنظيفها من الداخل من خلال وجود الفلانجة التي تتضمن عنصر المسخن الكهربائي وعنصر الحماية ضد التآكل، كما تتميز هذه الأسطوانة بأنها مصنوعة من الفولاذ المطلي من جهتيه (الداخل والخارج) بالسيراميك (Glass Enameled) المقاوم للتآكل والصدأ. تعمل هذه الأسطوانة على حفظ مياه الخدمة المنزلية التي تم تسخينها بفعل التبادل الحراري مع المياه الساخنة الموجودة في الأسطوانة الخارجية (مياه دورة المجمع الشمسي المغلقة).

العزل الحراري (Thermal Insulation):

يتميز خزان الماء الشمسي لجهاز الساندوير باستخدامه العازل الحراري نوع البولي يوريثين (Polyurethane) بسماكة (٦٠) مم بكثافة (٤٠) كغ/م٣. فهو عازل قوي، لا يتأثر بالرطوبة، خفيف الوزن وصلد، ويستطيع أن يحافظ على درجة حرارة عالية للسطح الخارجي لخزان المياه الشمسي.

٣-١ اكسسورات خزان الماء الشمسي (Accessories of the Solar Water Tank):

فيما يلي الاكسسورات التي يتضمنها خزان الماء الشمسي:

عنصر الحماية ضد التآكل (Magnesium Anode Rod):

وهو موضح في الشكل (٧)، ويتواجد في داخل خزان الماء الشمسي، ويثبت لولبياً في لوحة الفلانجة بجانب المسخن الكهربائي. وظيفته حماية المكونات والمناطق غير المغطاة بالسيراميك من التآكل نتيجة الترسبات الجيرية لماء الخدمة المنزلية مما يطيل من عمر الخزان. والعمر الزمني لعنصر الحماية يزيد عن السنتين، ولكنه يعتمد أساساً على نوعية ماء الخدمة المنزلية، وعند إجراء الصيانة السنوية للسخان الشمسي، يجب التحقق من صلاحيته للعمل.



شكل (٧): عناصر الحماية ضد التآكل

عنصر المسخن الكهربائي (Heating Element):

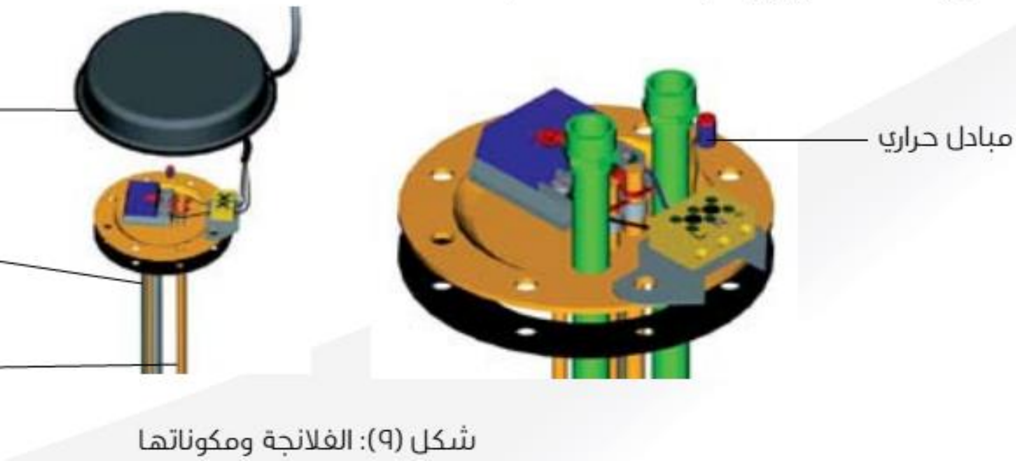
وهو مثبت في فلانجة خزان الماء الشمسي بجانب عنصر الحماية ضد التآكل كما مبين في الشكل (٨)، وبالتالي فهو يركب في داخل الأسطوانة الداخلية لهذا الخزان، ويعمل كهربائياً بجهد (٢٢٠) فولت، ويتواجد بقوة (١٥٠٠) أو (٢٠٠٠) واط حسب الطلب.



شكل (٨): المسخن الكهربائي

المبادل الحراري (Heat Exchanger):

عندما يراد الاستفادة من المياه الساخنة للسخان الشمسي في عملية التدفئة المركزية، يركب على فلانجة خزان الماء الشمسي مبادل حراري بجانب المسخن الكهربائي وبجانب عنصر الحماية ضد التآكل كما مبين في الشكل (٩)، ويوصل بأسطوانة المياه الساخنة الخاصة بالتدفئة المركزية. يصنع المبادل الحراري من أنبوب الستانلس ستيل بحسب المواصفات الأوروبية (DIN 4753 Teil3).



شكل (٩): الفلانجة ومكوناتها

خزان التمدد (Expansion Tanks):

وهو مبين في الشكل (١٠)، وهو عبارة عن خزان صغير الحجم، يركب في أعلى خزان الماء الشمسي. يستقبل الزيادة الحجمية للسائل الناقل للحرارة دون أن يتسبب ذلك بارتفاع الضغط في دورة مياه الحلقة المغلقة (دورة السائل الناقل للحرارة في المجمع والخزان الشمسي).



شكل (١٠): خزان التمدد

صمام الاتجاه الواحد وتصريف الضغط (One-Way & Relief Valve):

وهو مبين في الشكل (١١)، وهو عبارة عن صمامين في غلاف واحد، يركب فقط عند استعمال مضخة في الدائرة المغلقة للسخان (دائرة المجمع/الخزان)، ويعمل صمام الاتجاه الواحد ليسمح بمرور مياه الخدمة الساخنة (الموجودة في الأسطوانة الداخلية للخزان) في اتجاه واحد في حين لا يسمح لها بالمرور في الاتجاه الآخر. وعندما يزيد ضغط المياه عن (٦) بار، يفتح صمام تصريف الضغط ليحمي الأسطوانة الخارجية من الضغط الزائد.



شكل (١١): صمام اتجاه واحد وتصريف الضغط

صمام تنفيس الهواء (Air Vent Valve):

وهو مبين في الشكل (١٢)، ويركب هذا الصمام في دائرة المجمع، وبالتحديد على الأسطوانة الخارجية لخزان الماء الشمسي. يعمل هذا الصمام على تنفيس الهواء من الخزان عندما يصل الضغط فيه إلى (١.٥٢) بار.



شكل (١٢): صمام التنفيس

١-٤ قاعدة السخان الشمسي (System Support):

وهي مبينة في الشكل (١٣)، وتصنع من الفولاذ المجلفن المقاوم للصدأ بحيث تستطيع تحمل وزن المجمع والخزان، إضافة إلى قدرتها على مواجهة العواصف والثلوج.



الشكل (١٣): قاعدة السخان

١-٥ السائل الناقل للحرارة في الدورة المغلقة للسخان الشمسي

في فصل الشتاء، عندما تنخفض درجة الحرارة إلى عدة درجات مئوية تحت الصفر، يتجمد السائل الناقل للحرارة الموجود في دورة المجمع/الخزان الشمسي (عندما يكون الماء هو السائل الناقل للحرارة)، ويزداد حجمه وبالتالي يزداد ضغطه في الحيز الموجود فيه والذي قد يصل (عند درجات الحرارة المتدنية) إلى أكثر من (٢٠) ضعف الضغط الجوي. وهذا قد يؤدي إلى تجمد الماء في داخل المجمعات الشمسية ويتسبب في تلفها.

لتجنب تأثر المجمعات الشمسية بمثل هذه الظروف، يستخدم سخان الماء الشمسي "ساندوير" مزيج البروبيلين غليكول/الماء كسائل ناقل للحرارة في دورة المجمع/الخزان الشمسي. ولهذا المزيج درجة حرارة تجمد أقل من درجة حرارة تجمد الماء. وبحسب المواصفة الأوروبية رقم (١٩٠٧/٢٠٠٦) يعتبر سائل البروبيلين غليكول غير سام ومضاد للتآكل، ويستخدم على نطاق واسع في حماية الدوائر المغلقة لأنظمة تسخين المياه. ومن أهم مواصفات هذا السائل المضاد للتجمد، أنه غير سام ، وقابل للذوبان بالماء، ويوفر الحماية ضد التآكل، والحماية ضد التجمد عند درجات حرارة صفر ولغاية (-٢٥) مئوية، وذلك بحسب نسبة خلطه مع الماء.

١ - ٦ مجموعة القطع والأنابيب والحوامل اللازمة لتجميع السخان وتشغيله

في سخان الماء الشمسي (ساندوير)، يوصل المجمع الشمسي بخزان الماء الشمسي (في الدائرة المغلقة) بوساطة تركيبات نحاسية بالترتيب المبين في الشكل (١٤) من اليمين إلى اليسار، وتوصل هذه التركيبات بأنابيب ستانلس ستيل مرنة وعالية الجودة.



شكل (١٤): التركيبات النحاسية

وتعزل أنابيب الستانلس ستيل بعازل قطره (٢٢x٩) مم، كما مبين في الشكل (١٥). وهذا العازل مقاوم لأشعة الشمس (UV Protection) بحسب المواصفات الأوروبية (DIN ٤١٠٢-٨٢-٠١/٠٧/١١).



شكل (١٥): عازل الأنابيب

١ - ٧ خزان الماء البارد:

يقوم خزان الماء البارد بتغذية الأسطوانة الداخلية لخزان الماء الشمسي بالماء للتعويض عن كمية المياه الساخنة التي تم استخدامها لأغراض الخدمة المنزلية، ويجب أن يتم تركيب خزان الماء البارد بمستوى أعلى من مستوى خزان الماء الشمسي بهدف توفير الضغط اللازم لدفع الماء الساخن من الخزان الشمسي إلى المنزل.

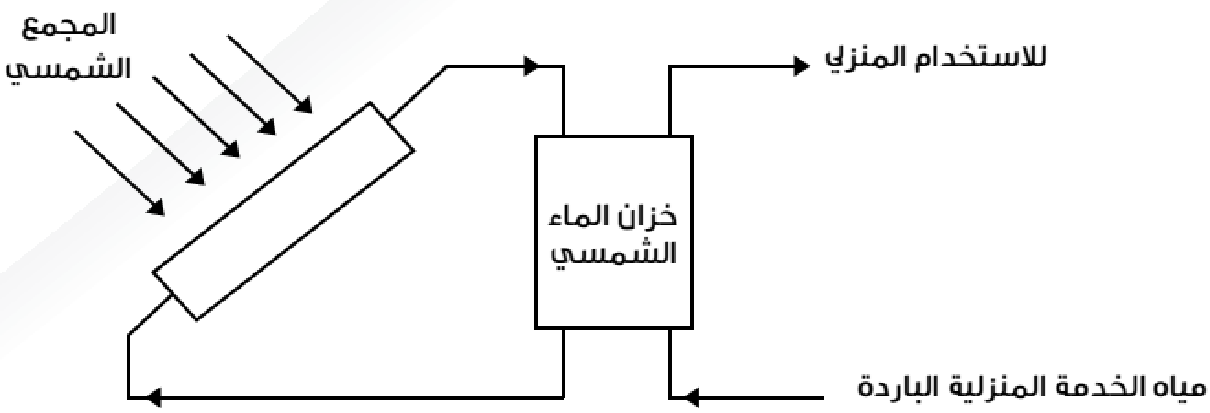
٢- طريقة عمل سخان الماء الشمسي (ساندوير)

يعمل سخان الماء الشمسي „ ساندوير“ بمبدأ السريان الطبيعي للماء كما مبين في الشكل (١٦). ويجب أن يركب خزان الماء الشمسي لهذا السخان بمستوى أعلى من مستوى المجمع الشمسي. ولقد صمم هذا السخان لينتج ماء ساخناً على مدار السنة، حيث يعمل مجمعه بوساطة الضوء، وبالتالي فهو لا يحتاج لأن يكون معرضاً لأشعة الشمس مباشرة – وبالتالي فإنه قادر على تزويدك بكمية المياه الساخنة المطلوبة في الأيام الغائمة عند تعرضها لضوء الشمس.

بشكل عام يوجد شبكتين منفصلتين للمياه في كل منزل، شبكة المياه الساخنة، والتي يتم شبكها بخزان سخان الماء الشمسي، وشبكة المياه الباردة التي تزود المنزل بالمياه الباردة والتي يتم شبكها بخزان مياه الخدمة الرئيسي الموجود على سطح المبنى.

طريقة عمل السخان الشمسي:

عندما يضرب ضوء النهار المجمع الشمسي، يخترق هذا الضوء زجاج المجمع ويصل إلى اللوحة الماصة التي تقوم بامتصاص الضوء وتحوله إلى حرارة. وهذه الحرارة تسخن السائل الناقل للحرارة (الماء/مزيج الماء/الغليكول) المار في أنابيب النحاس المركبة على اللوحة الماصة.



شكل (١٦): طريقة عمل سخان الماء الشمسي „ساندوير“

عندما يسخن السائل الناقل للحرارة تقل كثافته ويخف وزنه، فيصعد إلى الأعلى ليمر في خزان الماء الشمسي (الخزان الحراري) الذي يحتوي على دائرين مستقلتين من السوائل (تعملان كمبادل حراري): دائرة مياه الخدمة المنزلية ودائرة السائل الناقل للحرارة. وفي الخزان الشمسي يتبادل السائل الناقل للحرارة الحرارة مع مياه الخدمة المنزلية، التي تسخن بدورها وتغذي المنزل بالمياه الساخنة.

ويعتمد دوران السائل الناقل للحرارة في السخان الشمسي على حقيقة أن المياه، عند تسخينها، تقل كثافتها ويقل وزنها. ودوران هذا السائل بهذه الطريقة في داخل مجمع سخان الماء الشمسي يعرف بالسريان الطبيعي للماء أو الثرموسيفونيك (Thermosiphonic).

طريقة عمل خزان التمدد:

في الصباح، عندما يبدأ ضوء النهار باختراق غطاء المجمع الشمسي الشفاف، تبدأ دورة مياه المجمع الشمسي (الحلقة المغلقة) بالعمل، ويسخن السائل الناقل للحرارة تدريجياً حتى يصل إلى درجة الحرارة القصوى (في مرحلة ما بعد الظهر)، فيتمدد السائل الناقل للحرارة ويزداد حجمه (بسبب ارتفاع درجة حرارته)، فيستقبل خزان التمدد الزيادة الحجمية للسائل الناقل دون أن يتسبب ذلك في ارتفاع الضغط في دورة مياه الحلقة المغلقة.

تسخين الماء بوساطة سخان كهربائي الغمر:

في بعض الأحيان، عندما يكون ضوء النهار غير كاف لإنتاج الكمية المطلوبة من المياه الساخنة (كفترات الليل أو في الأيام الممطرة أو شديدة الضبابية - في أواخر كانون الأول)، يتم تسخين الماء بوساطة سخان كهربائي الغمر، المركب في داخل خزان الماء الشمسي خصيصاً لمثل هذه الأوقات.

٣- أعطال سخان الماء الشمسي، وأسبابها، وطرائق معالجتها

يمتاز السخان الشمسي ببساطة تصميمه، فهو لا يحتاج إلى طاقة للتشغيل، ويخلو من المضخات وأجهزة التحكم المستعملة في الأنظمة والتطبيقات الأخرى للطاقة الشمسية. لذلك فهو يحتاج فقط إلى صيانة وقائية لضمان تشغيله بالطريقة المثلى وبأعلى كفاءة. وفي الجدول أدناه تفصيل للخلل المتوقع وأسبابه المحتملة وطريقة معالجته.

الخلل المتوقع	الأسباب المحتملة	طريقة المعالجة
الماء الساخن لا يصل إلى المنزل	١- يوجد هواء في شبكة السخان	نفس الهواء حتى يندفع الماء بقوة
	٢- خزان الماء البارد الخاص بالسخان فارغ من الماء	املأ الخزان بالماء
	٣- محبس السخان الموجود على الماسورة بين خزان الماء البارد وخازن الماء الشمسي مغلق	افتح محبس السخان
الماء ليس ساخناً بشكل كاف	١- يوجد هواء في شبكة السخان	نفس الهواء حتى يندفع الماء بقوة
	٢- استهلاك كبير للماء الساخن	اقتصد في الاستهلاك اليومي
	٣- وجود ظلال على المجمع الشمسي	ابعد الأشياء المسببة للظلال، أو انقل السخان إلى مكان أفضل
	٤- حجم السخان قليل مقارنة بالاحتياجات	اتصل بالشركة لتكبير حجم السخان
	٥- توجيه المجمع ليس باتجاه الجنوب	اتصل بالشركة لإعادة توجيه المجمع
	٦- زجاج المجمع الشمسي مكسور	اتصل بالشركة لاستبدال الزجاج
	٧- يوجد غبار وأوساخ على المجمع الشمسي	نظف الزجاج
لا يوجد ماء ساخن في الصباح البارد	استهلاك كافة كمية الماء الساخن في فترة المساء	خفف الاستهلاك في فترة المساء لحفظ الماء الساخن لصباح اليوم التالي

الماء البارد يطوف من خزان الماء البارد الرئيس	١- ضغط الماء البارد إلى خزان الماء البارد الرئيس مرتفع	خفف الضغط بوساطة المحبس الموجود على خط البلدية الواصل إلى خزان الماء البارد الرئيس
	٢- الماء الواصل إلى خزان الماء البارد الرئيس غير نظيف مما يسبب تعطيل عوامة هذا الخزان	نظف العوامة أو استبدلها في حالة عدم صلاحيتها
الماء الساخن يعود من المنزل ويصب في خزان الماء البارد الرئيس على السطح ويسبب طوفانه وفقدان الماء الساخن	١- حدوث اتصال بين شبكتي الماء البارد والساخن، فإذا كان في المنزل تدفئة	اغلق محابس سلندر الماء الساخن في غرفة التدفئة / أو أعد تركيب خزان الماء البارد ليكون أعلى من مستوى خزان الماء الشمسي
	٢- حدوث اتصال بين شبكتي الماء البارد والساخن، فإذا كان في المنزل سخان كهربائي	اغلق المحابس على السخان الكهربائي / أو أعد تركيب خزان الماء البارد ليكون أعلى من مستوى خزان الماء الشمسي
	٣- حدوث اتصال بين شبكتي الماء البارد والساخن، فإذا كان في المنزل غسالة أو جلاية أوتوماتيكية	اغلق المحابس على الغسالة أو الجلاية أو أعد تركيب خزان الماء البارد ليكون أعلى من مستوى خزان الماء الشمسي
	٤- حدوث اتصال بين شبكتي الماء البارد والساخن، فإذا كان في المنزل خلاط أوتوماتيك أو دوش شطاف	اغلق المحابس على الخلاط الأوتوماتيك أو الدوش / أو أعد تركيب خزان الماء البارد ليكون أعلى من مستوى خزان الماء الشمسي
يوجد أصوات مزعجة خلال فترة الليل	ضغط الماء البارد من البلدية مرتفع مما يسبب: ١- حدوث صوت أثناء مرور الماء خلال عوامة خزان الماء البارد الرئيس. ٢- الماسورة التي تغذي خزان الماء البارد الرئيس تهتز من شدة الضغط فتحدث أصواتاً مزعجة	١- خفف الضغط بوساطة المحبس الموجود على خط البلدية. ٢- ثبت الماسورة بشكل جيد مع حوامل سخان الماء الشمسي

٤- الاعتبارات الواجب اتخاذها عند جمع وتركيب سخان الماء الشمسي (ساندوير)

فيما يلي أهم الاعتبارات الواجب مراعاتها عند جمع وتركيب سخان الماء الشمسي:

٤-١ عند جمع أو إعادة تركيب الاكسسوارات النحاسية للمجمعات، يراعى عدم وضع تفلون أو أي مانع تسرب، لأن هذا يعرض وصلات المجمع للتلف.

٤-٢ عند جمع أو إعادة تركيب الاكسسوارات النحاسية للمجمعات، يراعى تركيب التركيبات النحاسية بالترتيب المبين في الشكل (١٤) من اليمين إلى اليسار.

٤-٣ في النظام الشمسي ذي المجمعين، يراعى تركيب راكورات توصيل الماء بين المجمعين بشكل مستقيم تماماً وبحيث يمر أنبوب الستانلس ستيل من فوق الشاسي العلوي وليس من أسفله.

٤-٤ عند تركيب السخان الشمسي، يراعى أن يكون مستوى خزان الماء الشمسي للجهاز أقل من مستوى خزان الماء الرئيس (خزان ماء الخدمة المنزلية).

تحذير: يمنع منعاً باتاً تركيب السخان الشمسي دون تثبيت قواعده على سطح المبنى.

الوحدة السابعة

المضخات

الفصل الاول

أنظمة الضخ الكهرو شمسية

إن ضخ المياه له تاريخ طويل عبر التاريخ، وقد تم تطوير العديد من الطرق لضخ الماء بهدف تقليل الجهد والطاقة المبذولة والحصول على مردود أفضل. واستخدمت هذه الطرق مصادر متنوعة من الطاقة مثل الطاقة البشرية وطاقة الحيوانات و الطاقة الهيدروليكية (النواعير) و الوقود الأحفوري وطاقة الرياح وأخيراً الطاقة الشمسية.

إن الموارد المائية السطحية آخذة بالنضوب لأسباب عديدة منها التغيرات المناخية وزيادة الطلب للأعمال الزراعية والصناعية، كما أوجب التقدم الحضاري زيادة مضطردة في الحاجة للمياه. من هذه المعطيات تلعب النظم الكهروشمسية دوراً متزايد الأهمية في مجالات ضخ المياه لمختلف الاستخدامات (الاستخدامات المنزلية – الري ...الخ) نظراً لإمكانية استخدام تقنية الطاقة الكهروشمسية كبديل عن مولدات الديزل في المواقع التي لا تتوفر فيها الشبكة الكهربائية.

1-3 مقارنة بين أنظمة ضخ المياه المختلفة:

يبين الجدول (3-1) محاسن ومساوئ أنظمة الضخ المختلفة [17]:

نظام الضخ	المحاسن	المساوئ
المضخات اليدوية	• إمكانية التصنيع المحلي • سهلة الصيانة • كلفة تأسيسية منخفضة • لا تحتاج للوقود	• ضياع للقدرة البشرية • لا تتناسب مع الأعماق المختلفة للآبار • تدفق منخفض
الضخ باستخدام الحيوانات	• إنتاجية أفضل من الإنسان • تكاليف منخفضة • استخدام مخلفات الحيوان كسماد عضوي أو وقود • لا تحتاج للوقود	• تغذية الحيوانات على مدار السنة • الحاجة للحيوانات في أعمال أخرى
الضخ الهيدروليكي	• لا يحتاج تشغيله لمراقبة مستمرة • قليل التكاليف • عمره طويل وموثوقية	• تتطلب أماكن تركيب مناسبة • تدفق منخفض • يتطلب حركة الماء من أجل العملية

	عالية • سهولة الصيانة • لا تحتاج للوقود	
الضخ الريحي	• لا يحتاج تشغيله لمراقبة مستمرة • قليل التكاليف • عمره طويل • إمكانية التصنيع المحلي • لا تحتاج للوقود	• يتطلب وجود رياح في الموقع • يتطلب تخزين الماء لأوقات تكون فيها الرياح منخفضة السرعة • يتطلب خبرات فنية خاصة • صعوبة التركيب • كلفة صيانة و إصلاح عالية
مضخات الوقود الأحفوري (ديزل)	• سهلة التركيب • كلفة تأسيسية منخفضة • استخدامات متنوعة • يمكن حملها و نقلها	• ارتفاع سعر نقل الوقود • كلفة صيانة مرتفعة • عمرها قصير • تسبب الضجيج وتلوث البيئة
الجاذبية (فرق المنسوب)	• كلفة منخفضة جداً • صيانة منخفضة • لا توجد كلفة وقود • سهلة التركيب • بسيطة وموثوقة	• عملية فقط في بعض الأماكن التي يكون فيها خزان الماء أعلى من مناطق التصريف
المضخات الشمسية	• لا يحتاج تشغيله لمراقبة • صيانة منخفضة • سهلة التركيب • عمره طويل وموثوقة • لا توجد كلفة وقود • يمكن أن تكون متنقلة	• كلفة تأسيسية مرتفعة • تتطلب تخزين الماء للأيام الغائمة • تتطلب خبرات فنية خاصة • يجب أن تتعرض للشمس بدون وجود الظل

الجدول (3-1)

محاسن ومساوئ أنظمة الضخ المختلفة

2-3 تطبيقات الطاقة الكهروشمسية في ضخ المياه:

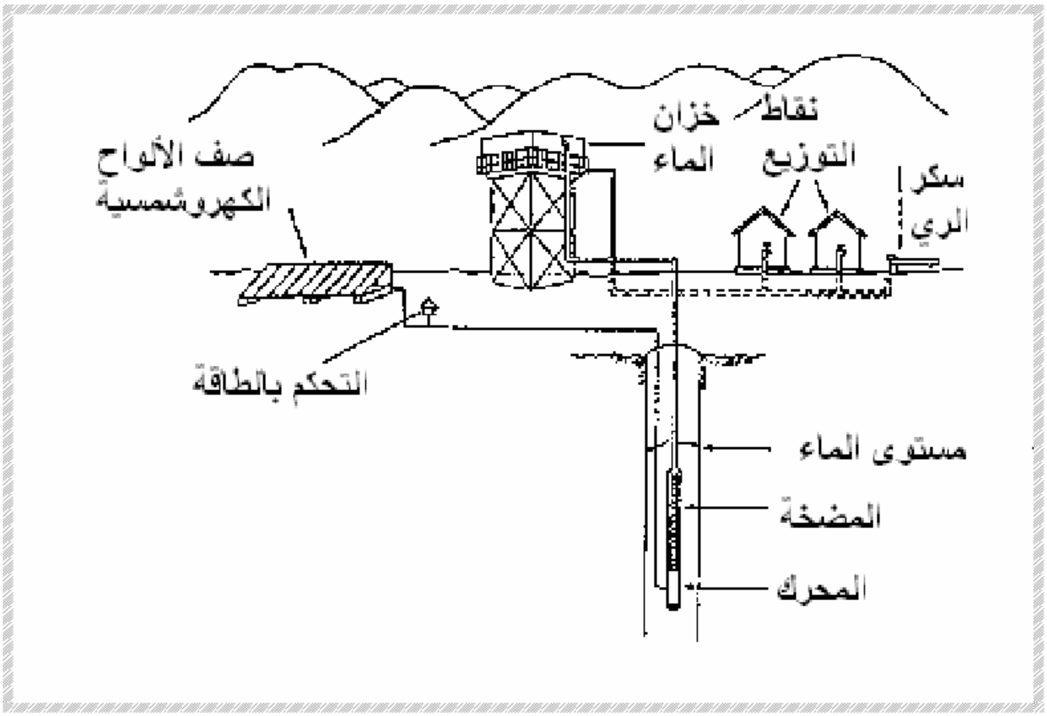
تستعمل المضخات الكهروشمسية في ثلاث تطبيقات أساسية:

1- إمداد القرى بالمياه.

2- سقاية المواشي.

3- ري الأراضي الزراعية.

يبين الشكل (3-1) مضخة شمسية لتزويد القرية بالماء[11].



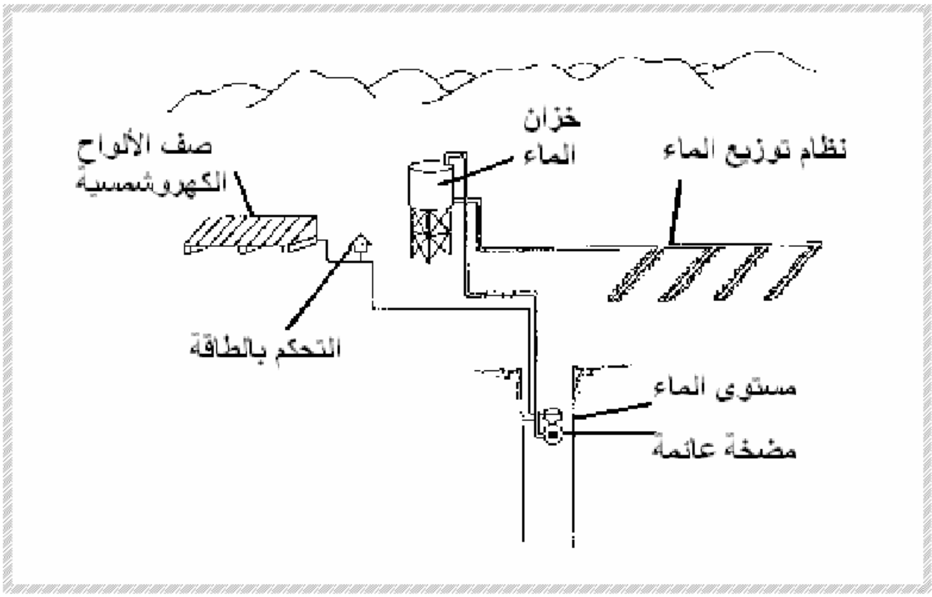
الشكل (3-1)

مضخة شمسية لتزويد القرية بالماء

في هذه الحالة يكون الطلب على الماء ثابتاً على مدار السنة، وفي الأيام الغائمة التي يكون فيها الإشعاع الشمسي منخفضاً تكون هناك حاجة لتخزين الماء. وفي المناطق التي تتميز بفصول ممطرة سيعوض ماء المطر الانخفاض الناتج في عمل المضخة الشمسية في أثناء هذه الفترة.

تم تركيب حوالي (6000) نظام ضخ شمسي حتى الآن في العالم لتزويد القرى بالماء أو سقاية الماشية.

نظام الري الشمسي كما في الشكل (3-2) يحتاج لحساب قيمة الاحتياج الأعظمي لماء الري الذي سيتغير خلال السنة[11].



الشكل (2-3)
نظام الري الكهروشمسي

يجب أن نأخذ بعين الاعتبار عند تصميم نظام الضخ أن الطلب الأعظمي على الماء في أثناء فصول الري يكون في أغلب الأحيان أكثر بمرتين من متوسط الحاجة للماء، هذا يعني أن المضخات الشمسية المستخدمة للري ستكون غير كافية؛ لذلك يجب تركيز الانتباه إلى نظام التوزيع وإيصال الماء إلى المحاصيل. إذ يجب أن يقلل نظام التوزيع من الضياعات في الماء بدون زيادة العبء على نظام الضخ، ويمكن ذلك بكلفة منخفضة.

وبشكل عام هناك توافق بين ازدياد الإشعاع الشمسي في الصيف و ازدياد الطلب على الماء.

يوضح الجدول (2-3) ملائمة أنظمة الري الرئيسة لاستعمال المضخات الشمسية[11]:

ملائمة أنظمة الري الرئيسة لاستعمال المضخات الكهروشمسية

طريقة الاستخدام	المردود المثالي	الارتفاع المثالي	الملائمة لاستعمال المضخات الشمسية
الأقنية المفتوحة	(50-60)%	(0.5-1) m	نعم
الرزاز	70%	(10-20) m	لا
التنقيط	85%	(1-2) m	نعم
الغمر	(40-50)%	0.5 m	لا

الجدول (2-3)

3-3 أنواع أنظمة الضخ العاملة بالطاقة الشمسية:

تصنف أنظمة الضخ الكهروشمسية بشكل أساسي إلى خمس أنواع رئيسة:

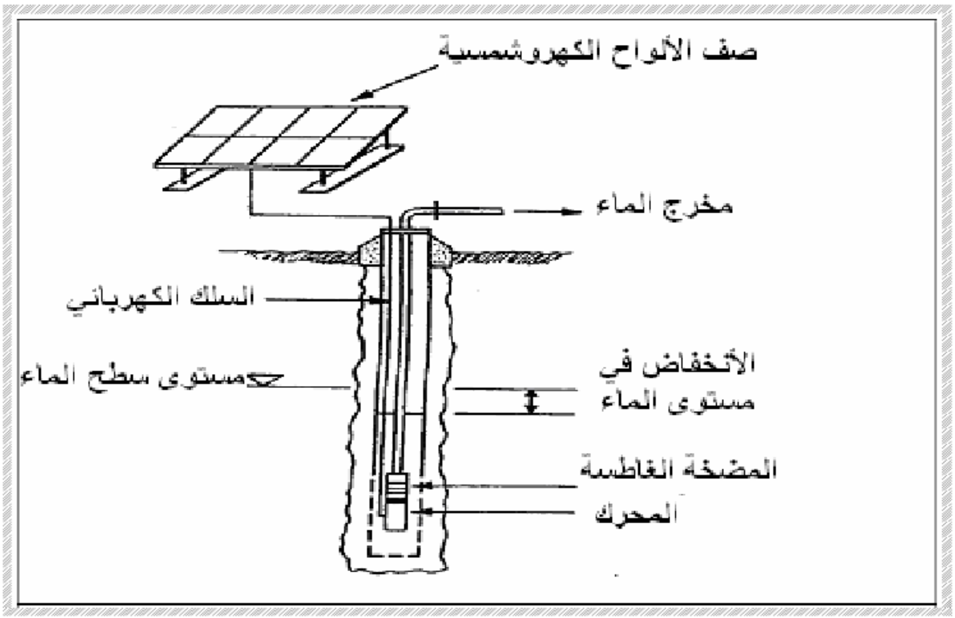
3-3-1- مضخة نابذة غاطسة متعددة المراحل:

هذا النوع هو الأكثر شيوعاً من بين أنواع المضخات الشمسية المستعملة لتزويد القرى بالماء. ويتميز هذا النوع بأنه سهل التركيب وتكون مجموعة (محرك-مضخة) مغمورة بالماء بعيداً عن الأخطار المحتملة.

يمكن أن تركب المضخة مع محرك تيار متناوب أو تيار مستمر مع وجود معرج عند استخدام نظام التيار المتناوب، وإذا تم استخدام محرك تيار مستمر مع مسفرات فمن الضروري أن تسحب الأجهزة من البئر كل سنتين تقريباً لاستبدال المسفرات.

يستخدم هذا النوع في أنظمة الضخ الكهروشمسية ذات الاستطاعات الأقل من 1500W .

يبين الشكل(3-3) نظام ضخ كهروشمسي يستخدم مضخة نابذة غاطسة متعددة المراحل[14]:



الشكل(3-3)

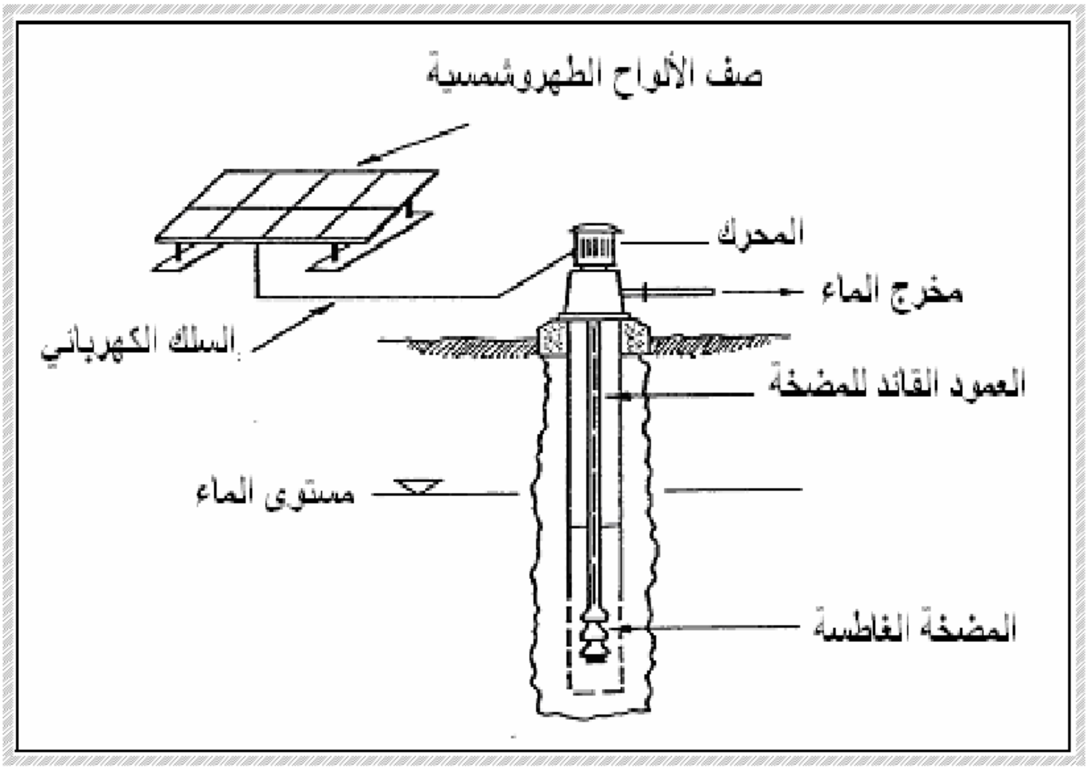
نظام ضخ كهروشمسي يستخدم مضخة نابذة غاطسة متعددة المراحل

3-3-2- مضخة غاطسة مع محرك سطحي:

تم استخدام هذا النظام على نحو واسع بالمضخات التوربينية في سواحل غرب أفريقية في فترة السبعينيات. يتميز هذا النوع من المحركات بسهولة تبديل المسفرات، وإجراء الصيانات الأخرى بسبب كون المحرك مركباً على سطح البئر. كفاءة هذا النظام منخفضة بسبب ضياعات الطاقة الموجودة في

محامل عمود نقل الحركة بين المحرك و المضخة، ومن عيوبه أيضاً كلفة التركيب العالية. وبشكل عام يمكن استبدال هذا النظام بنظام محرك ومضخة غاطسين.

يبين الشكل(3-4) نظام ضخ كهروشمسي يستخدم مضخة غاطسة مع محرك سطحي[14]:



الشكل(3-4)

نظام ضخ كهروشمسي يستخدم مضخة غاطسة مع محرك سطحي

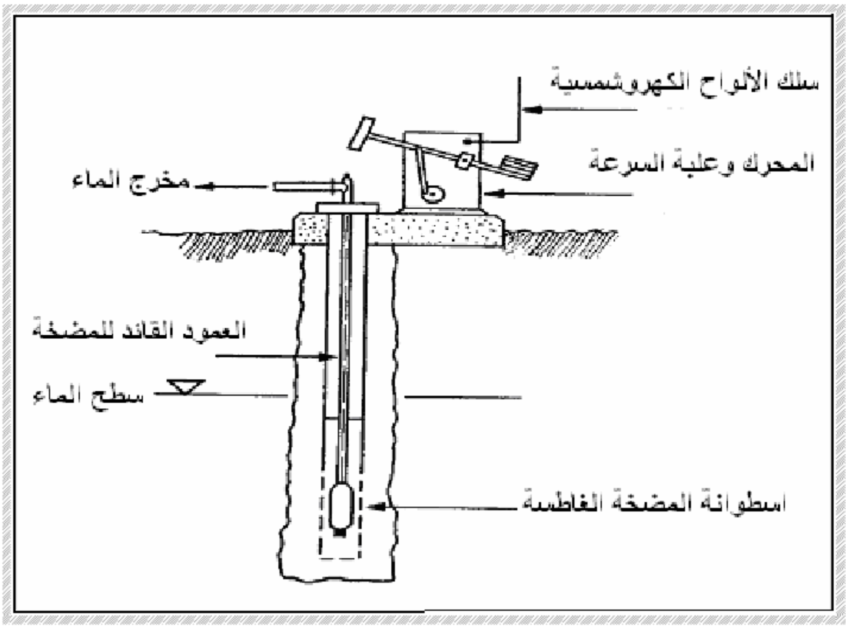
3-3-3- المضخات الترددية ذات الإزاحة الموجبة:

يناسب هذا النوع من المضخات ارتفاعات الضخ العالية، والتدفقات المنخفضة، ويتناسب خرج هذه المضخات مع سرعة دورانها.

تكون قوى الاحتكاك في ارتفاعات الضخ العالية منخفضة بالمقارنة مع القوى الهيدروليكية، وهذا يجعل المضخات الترددية ذات الإزاحة الموجبة أكثر كفاءة من المضخات النابذة في هذه الحالة.

تخلق المضخات الترددية ذات الإزاحة الموجبة حملاً دورياً على المحرك الذي يحتاج من أجل كفاءة جيدة لأن يكون متوازناً، لذلك تكون مكونات المضخة الشمسية غالباً ثقيلة ومتينة و تكون أجهزة التحكم الكهربائية المستخدمة ذات ممانعة تيار متماثلة.

يبين الشكل(3-5) نظام ضخ كهروشمسي يستخدم مضخة ترددية ذات الإزاحة الموجبة[14]:



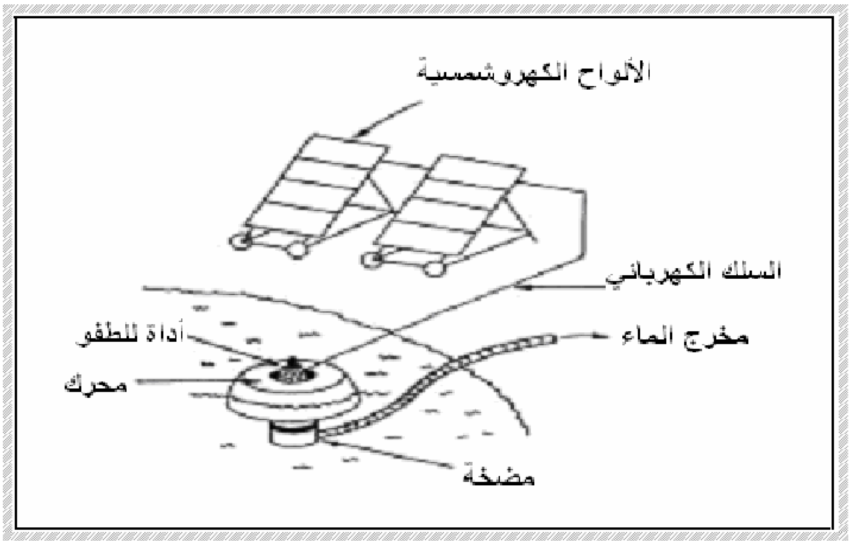
الشكل(3-5)

نظام ضخ كهروشمسي يستخدم مضخة ترددية ذات الإزاحة الموجبة

3-3-4- مجموعة محرك ومضخة سطحية (عائمة):

إن تنوع مجموعات الضخ السطحية يجعلها مناسبة لعمليات الري ضمن الأقنية والآبار المفتوحة. تتميز هذه المضخات بسهولة الحمل و التنقل وعدم عمل المضخة بدون ماء. تكون المضخات السطحية على الأغلب مضخات نابذة غاطسة بمرحلة واحدة وتعتمد بشكل واسع على محركات تيار مستمر بدون مسفرات. تركب الألواح الكهروشمسية في هذا النوع من أنظمة الضخ غالباً على عجلات خاصة لتسهيل نقلها مع مجموعة الضخ.

يبين الشكل(3-6) نظام ضخ كهروشمسي يستخدم مجموعة (محرك-مضخة) سطحية[14]:



الشكل(3-6)

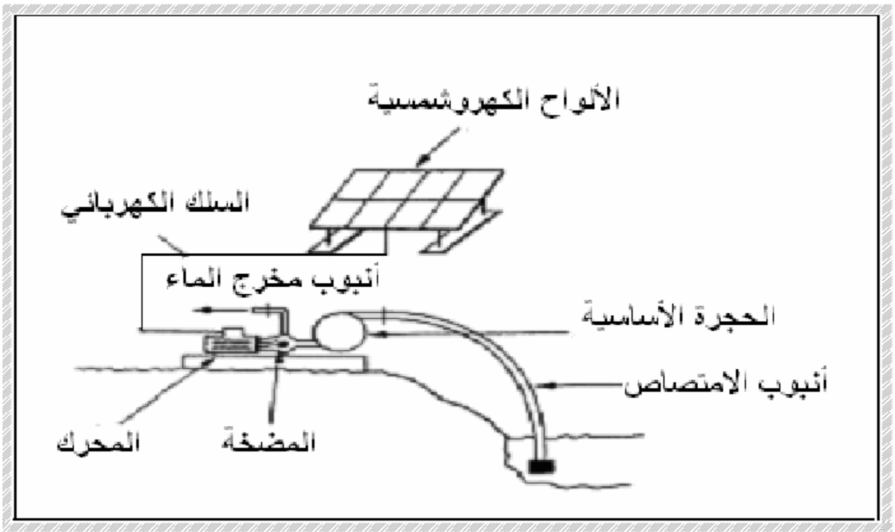
نظام ضخ كهروشمسي يستخدم مجموعة (محرك-مضخة) سطحية

3-3-5- مضخة الامتصاص السطحية:

ينصح بعدم استخدام هذه المضخات إلا في الحالات التي يكون فيها مراقب فني موجوداً بشكل مستمر قرب المضخة. على الرغم من أن كون حجرة المضخة مليئة بالماء وصمامات منع خروج الماء تعمل بشكل دائم إلا أن احتمالات فقدان الماء من الحجرة واردة.

هذه المضخات غير عملية عندما يكون ارتفاع أنبوب الامتصاص أكثر من (8) أمتار.

يبين الشكل(3-7) نظام ضخ كهروشمسي يستخدم مضخة امتصاص سطحية[14]:



الشكل(3-7)

نظام ضخ كهروشمسي يستخدم مضخة امتصاص سطحية

3-4 مكونات نظام الضخ الكهرو شمسي:

يتألف نظام الضخ الكهروشمسي من الأجزاء الرئيسة التالية:

1- مصفوفة الألواح الكهروشمسية وملحقاتها.

2- مجموعة المحرك والمضخة، ويشملان الأجزاء التي تحول الخرج الكهربائي لمصفوفة الألواح الكهروشمسية إلى طاقة هيدروليكية.

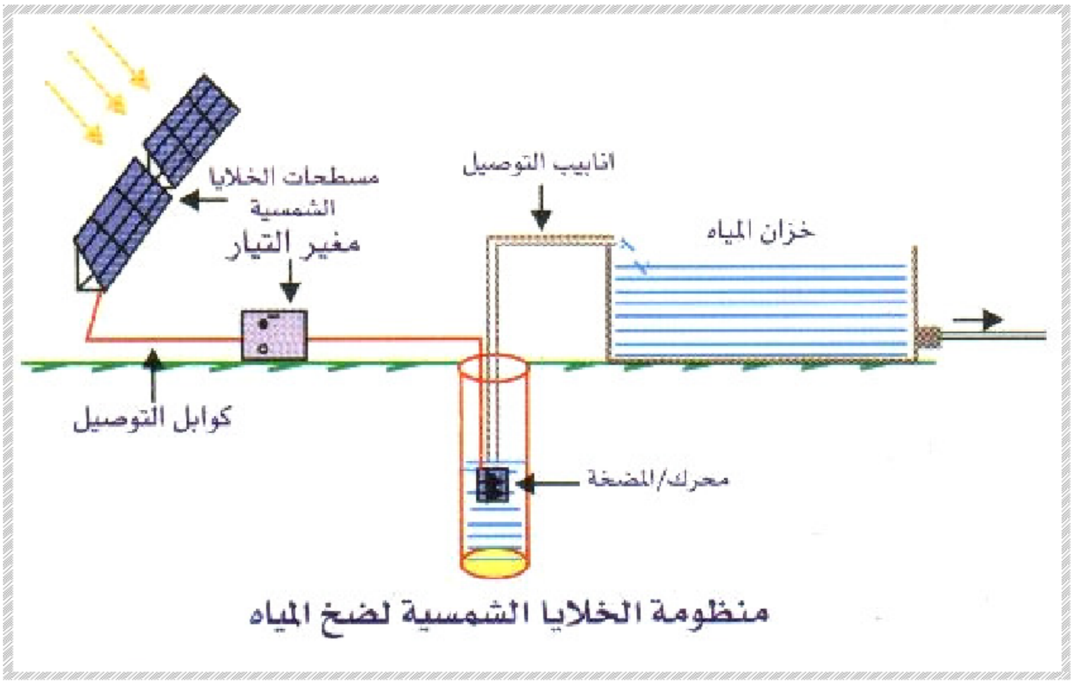
3- الخزان ونظام التوزيع الذي يسوق الماء إلى نقاط الاستخدام المطلوبة.

وعموماً هناك نوعان من أنظمة الضخ الكهروشمسية بحسب التيار الكهربائي المستخدم:

- نظام الضخ الكهروشمسي المتناوب (AC).
- نظام الضخ الكهروشمسي المستمر (DC): في هذا النوع يمكن أن توصل المضـــخة بشكل مباشر إلى الألواح الكهروشمسية أو عن طريق مدخرة.

والفرق بين النظامين هو وجود المعرج في النظام المتناوب وهذا عائد لنوع المضخة المستخدمة.

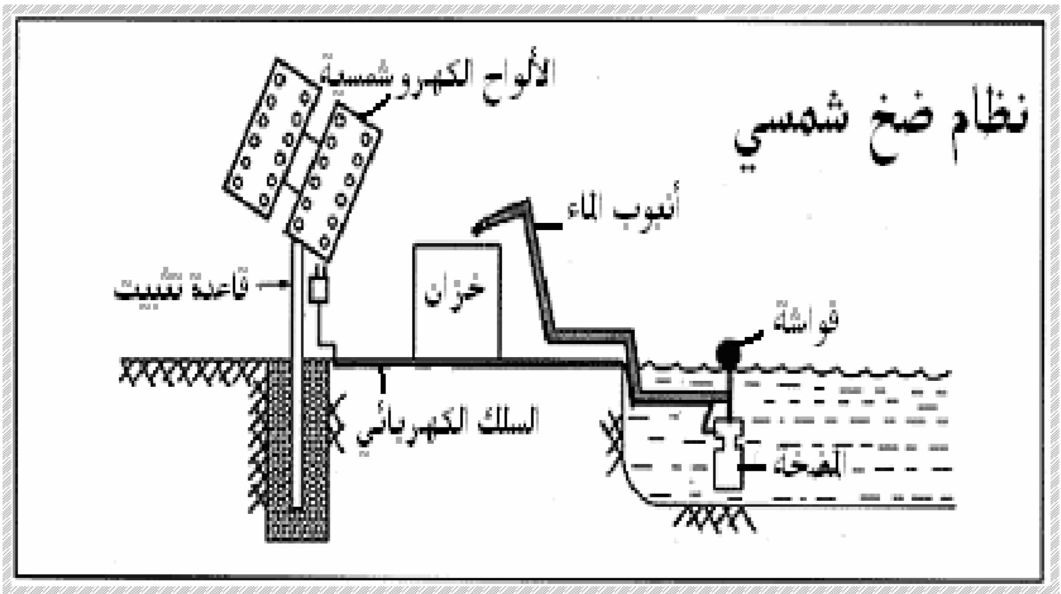
يبين الشكل(3-8) نظام ضخ كهروشمسي متناوب:



الشكل(3-8)

نظام ضخ كهروشمسي متناوب

ويبين الشكل(3-9) نظام ضخ كهروشمسي مستمر:



الشكل(3-9)

نظام ضخ كهروشمسي مستمر

5-3 حجم نظام الضخ الكهرو شمسي:

1- تحديد الحاجة للمياه:

الخطوة الأولى في تحديد حجم نظام الضخ الكهروشمسي هي تحديد كمية الماء التي نحتاجها. فإذا تفاوتت الحاجة للماء في أثناء الفصل يجب أن نعتمد الكمية الأكبر التي نتوقع أن نستهلكها.

ويبين الجدول(3-3) بعض المعطيات بشكل تقريبي لاستعمال الماء[18]:

بعض المعطيات بشكل تقريبي لاستعمال الماء

التطبيق	الاستهلاك التقريبي
العائلة	(190) لتر باليوم للشخص بشكل وسطي
الماشية و الخيول	(38-57) لتر باليوم لكل رأس
الأبقار الحلوبة	(76-114) لتر باليوم لكل رأس
الخراف والماعز	(7.6) لتر باليوم لكل رأس
الحيوانات الصغيرة	(0.96) لتر باليوم لكل (11) كغ من وزن الجسم
الدواجن	(23-45.6) لتر باليوم لكل (100) طير
الأشجار الصغيرة	(57) لتر باليوم في الطقس الجاف

الجدول(3-3)

2- تحديد مصدر الماء:

إن تحديد نظام الري يتعلق بشكل كبير بنوع مصدر الماء وموقعه بالنسبة إلى المكان الذي نريد أن نزوده بالماء، فمصدر الماء سيكون إما عميقاً (بئر) أو سطحياً (بركة، جدول، سيل)، وتكون الآبار مفضلة بسبب نوعية الماء الجيدة والوثوقية بها.

على أية حال، إن الآبار مكلفة بسبب الحفر خصوصاً عندما تكون المياه عميقة كما أن مصادر المياه السطحية يمكن أن تتفاوت بشكل موسمي حيث إن كمية الماء ونوعيته تكون منخفضة في أثناء الصيف عندما يكون الطلب عليه أكثر.

بالنسبة للآبار يجب أن تكون الاحتياجات التالية معروفة ومحددة:

- مستوى الماء الساكن.
- اختلافات العمق الموسمية.
- تدفق (نسبة) تعويض الماء.
- نوعية الماء.

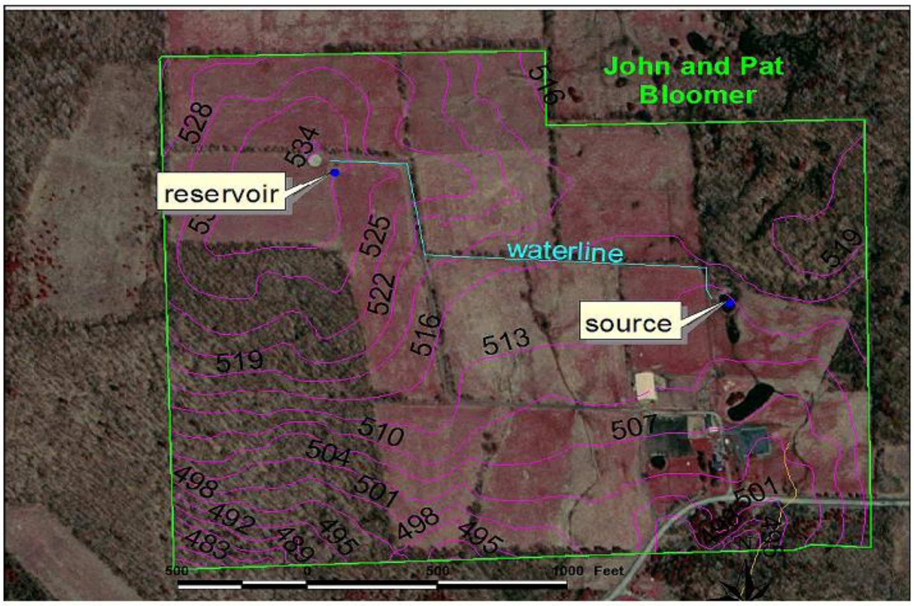
إذا كان البئر جديد الحفر فإن هذه المعلومات تؤخذ من حفّار البئر، كما أن نوعية الماء ليست مهمة إذا لم تستخدم للاستهلاك البشري.

أما بالنسبة للمياه السطحية فيجب أن تكون الاحتياجات التالية معروفة ومحددة أيضاً:

- التغيرات الموسمية.
- نوعية الماء، المتضمنة وجود الطين والبقايا العضوية....الخ.

يجب أن يتم تخطيط نظام تزويد الماء أولاً من أجل تحديد موقع مصدر الماء والنقاط المطلوبة للتوزيع، كذلك يجب أن يكون على المخطط نقاط الارتفاع لكي نستطيع أن نحسب الاختلاف في الارتفاع.

يبين الشكل(3-10) نموذجاً لمزرعة و تستعمل بركة ماء قليلة العرض حيث مصدر الماء والخزان اندمجا معاً ومكانهما على التل، في هذه الحالة يمكن أن يتم توزيع الماء تحت تأثير الجاذبية إلى أماكن التزويد[13].



الشكل(3-10)

نموذج لمزرعة يتم توزيع الماء فيها تحت تأثير الجاذبية

3- ملائمة موقع مصدر الماء للطاقة الشمسية:

يجب أن يكون موقع مصدر الماء ملائماً لتركيب نظام ضخ الماء الشمسي المستخدم.

عند تركيب نظام ضخ الماء الشمسي يجب أن تكون الأمور التالية معروفة:

- يجب أن تكون الألواح الكهروشمسية موجهة باتجاه الجنوب في النصف الشمالي من الكرة الأرضية بدون وجود الظل خلال كامل النهار.
- يجب أن تكون المواقع محضرة لوضع مضخة الماء والخزان وأجهزة النظام الأخرى.

- يجب أن يكون صف الألواح الكهروشمسية قريباً من موقع المضخة لتقليل طول السلك وكلفة التركيب.
- إذا استعملت المدخرات يجب أن تكون جافة وأن توضع في المكان الصحيح.
- إذا كان الماء مطلوباً على مدار العام فإن موضوع تجمد المياه يجب أن يكون مدروساً وبخاصة في المناطق التي تنخفض فيها درجة الحرارة إلى ما دون درجة التجمد، وهذا يستدعي استخدام مقاومات حرارية في الشتاء؛ لذلك فإن المناطق الحارة هي المفضلة من أجل تخزين الماء[18].

بالإضافة لذلك يجب معرفة البيانات عن الاستعمالات الشمسية الإقليمية المتوقعة. تزودنا هذه المصادر بعدد ساعات اليوم التي يكون فيها الإشعاع الشمسي كاملاً في الصيف والشتاء.

4- خزان الماء:

جميع أنظمة ضخ الماء الشمسية تستخدم خزاناً، للمياه والسبب في ذلك هو من أجل خزن الماء بدلاً من خزن الكهرباء في المدخرات، بذلك يتم تخفيض كلفة النظام وتعقيداته.

الطريقة العامة التجريبية لتحديد حجم الخزان أن يكون على الأقل يكفي لمدة من ثلاثة إلى خمسة أيام من الماء[13].

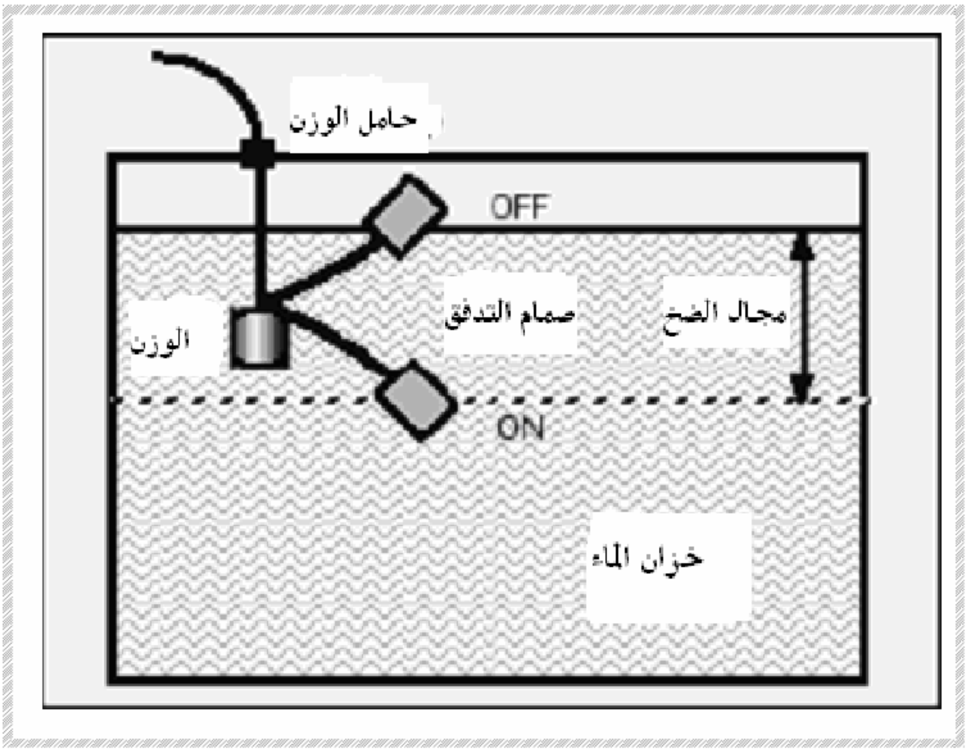
كما أن الطريقة الأكثر شيوعاً لخزن الماء هي خزان بلاستيكي صالح للأغذية كما في الشكل (3-11) ويوضع في أغلب الأحيان في نقطة عالية من الأرض للاستفادة من الجاذبية لوصول الماء إلى التطبيقات المستخدمة في الري مثل التنقيط وغيرها.



الشكل(3-11)

مكان توضع خزان الماء في الري

يتم التحكم بالمضخة عن طريق صمام التدفق الذي يركب داخل الخزان حسب مستوى سطح الماء كما في الشكل(3-12):



الشكل(3-12)

التحكم بالمضخة عن طريق صمام التدفق

الفصل الثاني
إجراء التجارب على مجموعة الضخ

1-4 حساب المضخة وصف الألواح الكهروشمسية:

هناك عدة طرق لتحديد المضخة وصف الألواح الكهروشمسية:

1- الطريقة الأولى:

لحساب المضخة التي نحتاجها وكمية الطاقة المطلوبة من صف الألواح الكهروشمسية يجب معرفة كمية الماء المطلوبة باليوم، وخصائص مصدر الماء وقيمة المسافات (العمودية والأفقية) التي سيتم ضخ الماء إليها.

من أجل ذلك يجب حساب قيمة ارتفاع الضخ الديناميكي (H_d) الذي هو مجموع[18]:

- ارتفاع الضخ الستاتيكي (الساكن) للماء (H_w).
- ارتفاع الضخ الستاتيكي (الساكن) للخزان (H_s).
- ضياعات الاحتكاك في الأنابيب H_f.

$$H_d = H_w + H_s + H_f \qquad (4-1)$$

يقاس ارتفاع الضخ الستاتيكي للماء(H_w) اعتباراً من سطح الأرض بجانب البئر إلى أدنى مستوى يمكن أن يصل إليه سطح الماء في البئر، ويقاس الارتفاع الستاتيكي للخزان(H_s) اعتباراً من سطح الأرض بجانب البئر إلى أعلى نقطة في الخزان، ويمكن تحديد هذه القيم باستخدام خريطة طبوغرافية أو مقياس ارتفاع.

ضياعات الاحتكاك في الأنابيب هي مقاومة السطح الداخلي للأنبوب لتدفق الماء، وبشكل عام فإن الأنبوب ذو القطر الأصغر وقيمة الضخ الأعلى يعطي مقاومة أعلى. وتقدر ضياعات الاحتكاك بهبوط الضغط الذي يُكافأ بارتفاع، وتحدد قيمته بمعرفة التدفق وقطر الأنبوب الداخلي.

جدول ضياعات الاحتكاك موضح في الملحق رقم(1) حيث يعطي ضياعات الاحتكاك مقدرة بالأقدام العمودية لكل مئة قدم من الأنبوب.

لحساب تدفق المضخة مقدراً بـ(لتر بالدقيقة) يمكن استخدام المعادلة التالية[18]:

$$Q = \frac{L}{\sum h} \times \frac{1h}{60\min} \qquad (4-2)$$

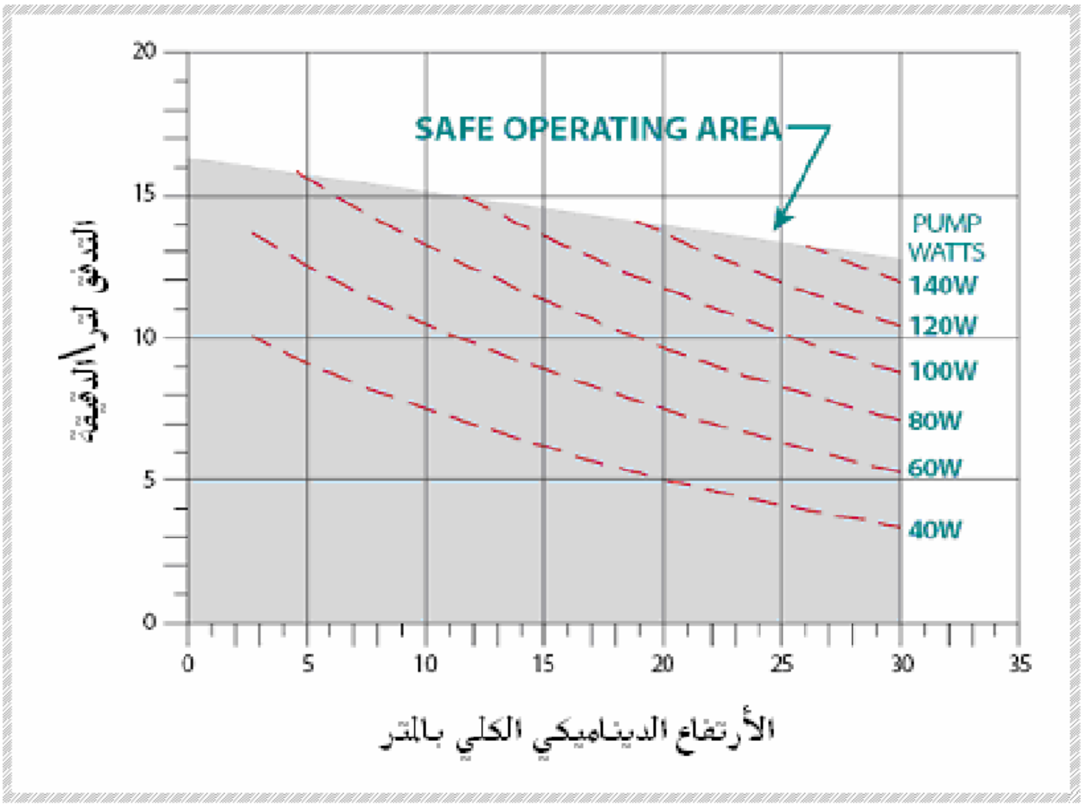
حيث:

Q(l/min): تدفق المضخة.

L: عدد اللترات المطلوبة من الماء في اليوم.

$\sum h$: عدد ساعات الذروة للشمس في اليوم.

نعود إلى المخططات (الكتالوكات) المزوّدة من قبل المنتجين لتحديد المضخة الملائمة وحجم صف الألواح الشمسية كما في الشكل (4-1):



الشكل (4-1)

تحديد المضخة الملائمة وسطوح صف الألواح الكهروشمسية

سيكون صف الألواح الكهروشمسية محدداً بالاستطاعة والجهد، وهذا الأمر هو إجراء قياسي (مثالي) لذلك يتم زيادة الاستطاعة المحددة بحدود (25%) لتعويض ضياعات الطاقة بسبب الحرارة العالية والغبار وعمر الاستخدام....الخ.

2- الطريقة الثانية:

تحسب استطاعة المضخة الشمسية من المعادلة التالية[7]:

$$E_h = \frac{V.H_d.\rho.g}{3.6\times10^6} \qquad (4-3)$$

$$= 0.002725(V.H_d)$$

حيث $E_h(kWh/day)$: الاستطاعة الهيدروليكية اللازمة في اليوم لضخ حجم معين من الماء مقـداره $V(m^3/day)$ لارتفاع $H_d(m)$.

$\rho\ (kg/m^3)$: الكتلة النوعية للماء.

$g(m/s^2)$: تسارع الجاذبية.

وبالتالي: الاستطاعة الكهربائية اللازمة للمضخة في اليوم هي[(1)]:

$$E_{el} = \frac{E_h}{\eta_{MP}} \qquad (4-4)$$

حيث:

$E_{el}(kWh/day)$: الاستطاعة الكهربائية اللازمة للمضخة في اليوم.

η_{MP}: مردود المضخة.

ويكون سطح الألواح الكهروشمسية اللازمة[(1)]:

$$A_{PV} = \frac{E_{el}}{G_d.\eta_{PV}.\eta} = \frac{E_h}{G_d.\eta_{pv}.\eta.\eta_{MP}} \qquad (4-5)$$

حيث

A_{pv}: سطح الألواح الكهروشمسية.

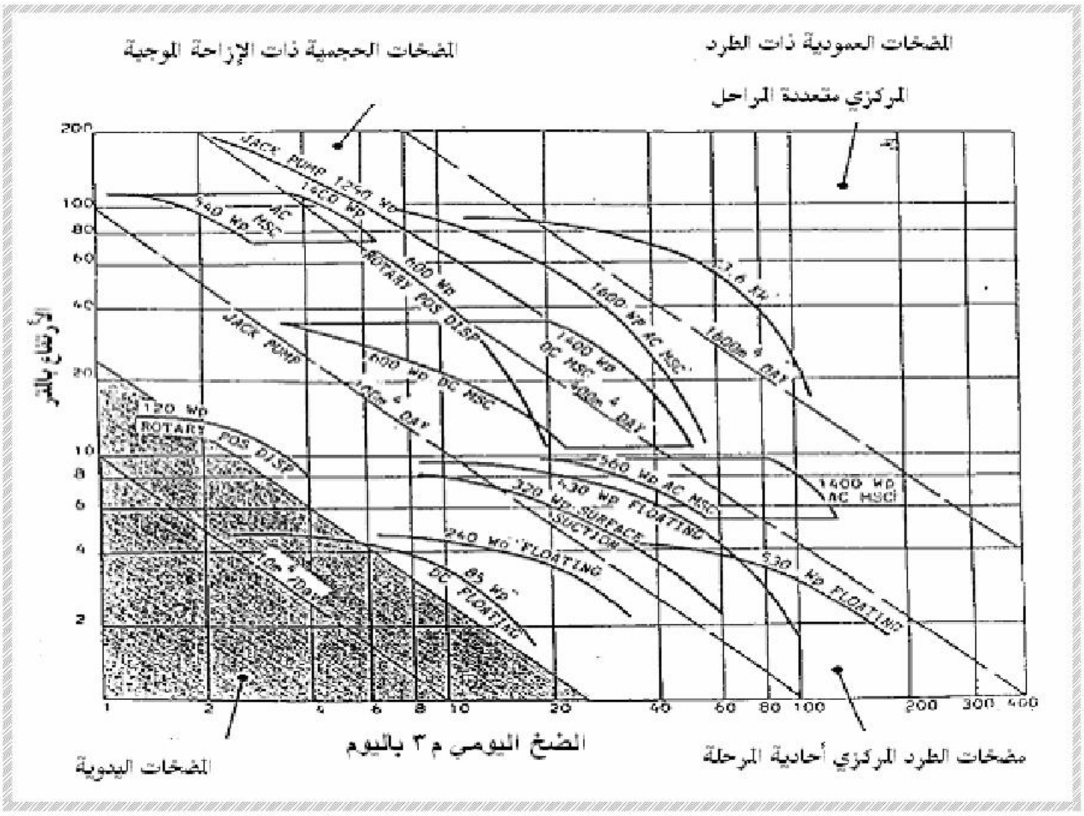
G_d: كمية الإشعاع الشمسي الساقط في اليوم$(Kwh/m^2.day)$.

η_{pv}: مردود الألواح الكهروشمسية.

η: عامل عدم تماثل الألواح الكهروشمسية.

3- الطريقة الثالثة:

يمكن أيضاً تحديد المضخة و سطوح الألـــواح الكهروشمســـية بالاعتماد على مكافئ الطاقة الهيدروليكي(m^4/day) الذي يساوي جداء حجم الماء اللازم بـاليوم $V(m^3/day)$ بارتفـاع الضـخ $H_d(m)$ كما في الشكل (2-4):



الشكل (2-4)

تحديد المضخة و سطوح الألواح الكهروشمسية اعتماداً على مكافئ الطاقة الهيدروليكي

2-4 موقع التجربة:

أجريت التجربة في حرم جامعة تشرين في مدينة اللاذقية على سطح كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية التي تقع على خط عرض (35.5°) شمال خط الاستواء كما في الشكل (4-3):



الشكل (4-3)

موقع التجربة

3-4 المنظومة المجرى عليها الدراسة:

1-3-4 الألواح الكهروشمسية: تم استخدام لوحين كهروشمسيين، الأول: باستطاعة عظمى (120w) والثاني: باستطاعة عظمى (60w) وكلاهما بجهد(17.5v DC) وتم وصلهما على التسلسل.

بشكل عام يجب أن تكون زاوية ميل الألواح الكهروشمسية عن الأفق وفق المعادلة:

$$\gamma = \Phi \pm (10 \rightarrow 15)^{o} \qquad (4-6)$$

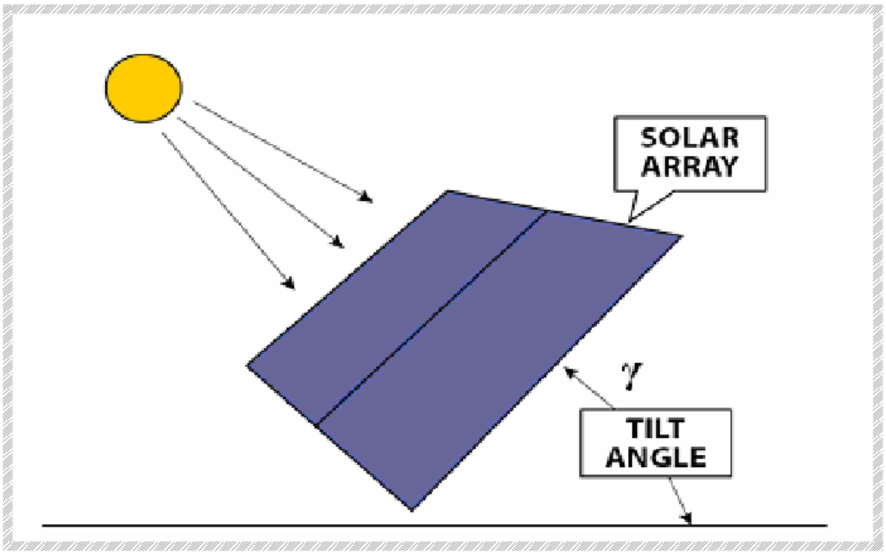
حيث:

γ : زاوية ميل الألواح الكهروشمسية عن الأفق.

(±):الإشارة السالبة للصيف و الإشارة الموجبة للشتاء.

Φ : خط عرض موقع تركيب المنظومة.

و الشكل (4-4) يوضح ذلك:



الشكل (4-4)

زاوية ميل الألواح الكهروشمسية عن الأفق

2-3-4 المضخة:

وهي بالمواصفات القياسية التالية:

-الاستطاعة العظمى (120w).

-الجهد (24v DC).

-التيار الأعظمي (4.1A).

-ارتفاع الضخ الأعظمي (70m) وتدفق مقابل له (5 lit/min).

وهي مضخة غاطسة ماركة (Shurflo 9325) أمريكية الصنع وهي موضحة بالشكل (5-4):



الشكل (5-4)

المضخة المستخدمة (Shurflo 9325)

3-3-4 أجهزة القياس المستخدمة:

أجريت القياسات بالأجهزة التالية:

-جهاز لقياس الفولت بمجال قياس [0-200V]).

-جهاز لقياس شدة التيار بمجال قياس [0-25A].

-جهاز لقياس ضغط الماء بمجال قياس [0-12Bar] .

-اسطوانة مدرجة لقياس كمية الماء.

4-3-4 خزان ماء:

سعة خزان الماء (1000liters).

4-4 **أسلوب أخذ القياسات:**

- تم الاستغناء عن وضع المضخة في بئر، وبدلاً من ذلك تم وضعها في خزان ماء وضغطها عن طريق سكر إلى ضغط يعادل الارتفاع المطلوب للضخ، وذلك من أجل تسهيل العمل.
- تم أخذ قياسات دورية لحظية لجهد الألواح الكهروشمسية وتيارها، وكمية الماء المتدفق لمدة دقيقة واحدة عند ارتفاعات (1m-10m-20m) باستخدام اسطوانة مدرجة؛ وذلك عند زاوية ميل للألواح الكهروشمسية (22°) كل ربع ساعة في ساعات الصباح والمساء وكل نصف ساعة في باقي الأوقات.

- تم أخذ قياسات دورية لحظية لجهد الألواح الكهروشمسية وتيارها، وكمية الماء المتدفق لمدة دقيقة واحدة عند ارتفاعات (10m,20m) باستخدام اسطوانة مدرجة؛ وذلك عند زاوية ميل للألواح الكهروشمسية تساوي خط العرض (35.5°) كل ربع ساعة في ساعات الصباح والمساء، وكل نصف ساعة في باقي الأوقات.
- تم أخذ قياسات دورية لحظية لجهد الألواح الكهروشمسية وتيارها، وكمية الماء المتدفق لمدة دقيقة واحدة عند ارتفاعات (10m-20m) باستخدام اسطوانة مدرجة؛ وذلك عند زاوية ميل للألواح الكهروشمسية (22°) وتحريك الألواح مع حركة الشمس كل ربع ساعة في ساعات الصباح والمساء وكل نصف ساعة في باقي الأوقات.
- تم الاعتماد على قيم الإشعاع الشمسي حسابياً وذلك لتعذر الحصول عليها تجريبياً.

5-4 النتائج المأخوذة من القياسات:

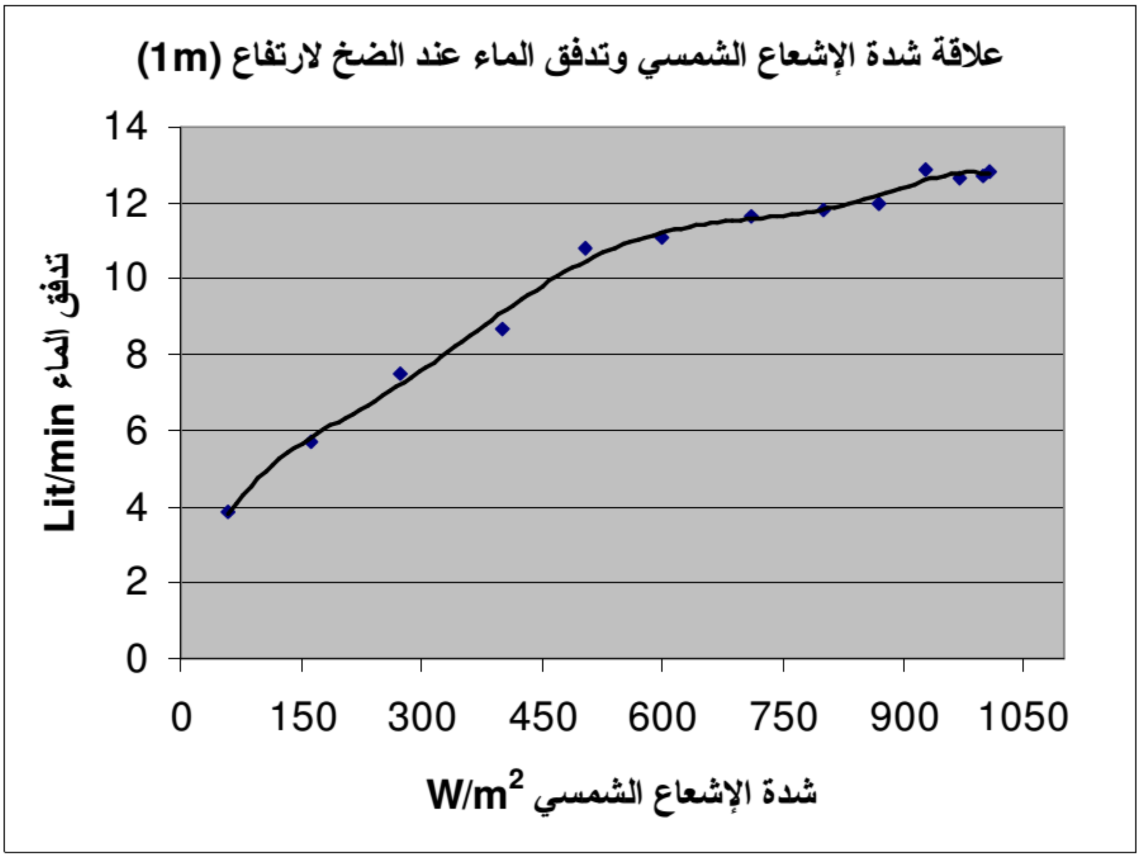
أولاً- عند زاوية ميل للألواح الكهروشمسية (°22) وباتجاه الجنوب:

1- يوضح الجدول (1-4) و الشكل(6-4) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وكمية الماء المتدفق لمدة دقيقة عند ارتفاع 1m:

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع (1m)

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min
60	3.84	800	11.84
162	5.7	869.8	12
273	7.5	890	12.3
400	8.7	928	12.9
503.8	10.8	971.2	12.66
600	11.1	998	12.7
709.6	11.64	1006	12.84

الجدول (1-4)



الشكل(6-4)

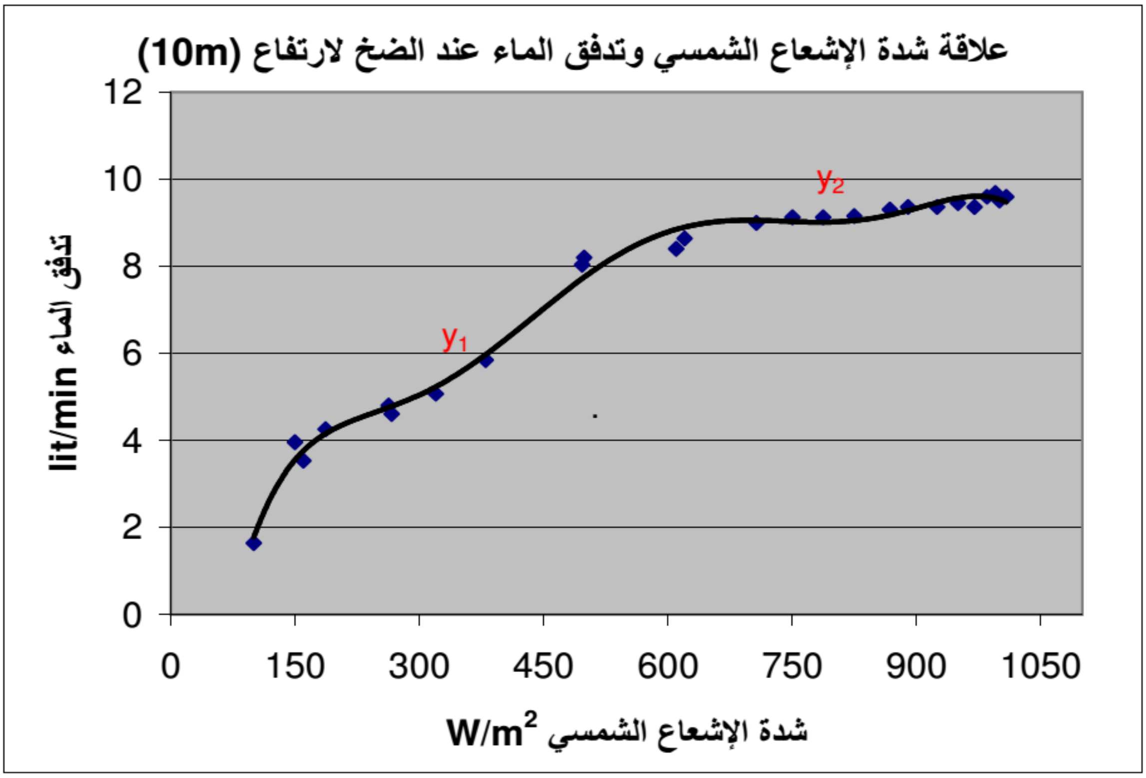
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع (1m)

2- يوضح الجدول (4-2) و الشكل(4-7) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وكمية الماء المتدفق لمدة دقيقة عند ارتفاع 10m:

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع 10m

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min
100	1.65	750	9.12
150	3.96	787	9.12
160	3.54	825	9.15
187	4.26	867.9	9.3
263	4.8	890	9.36
266.5	4.61	925	9.36
320	5.08	950	9.45
380	5.85	970	9.36
496.5	8.04	985	9.6
499.1	8.2	995	9.69
610	8.4	1000	9.51
620	8.64	1008	9.6
706.5	9		

الجدول (4-2)



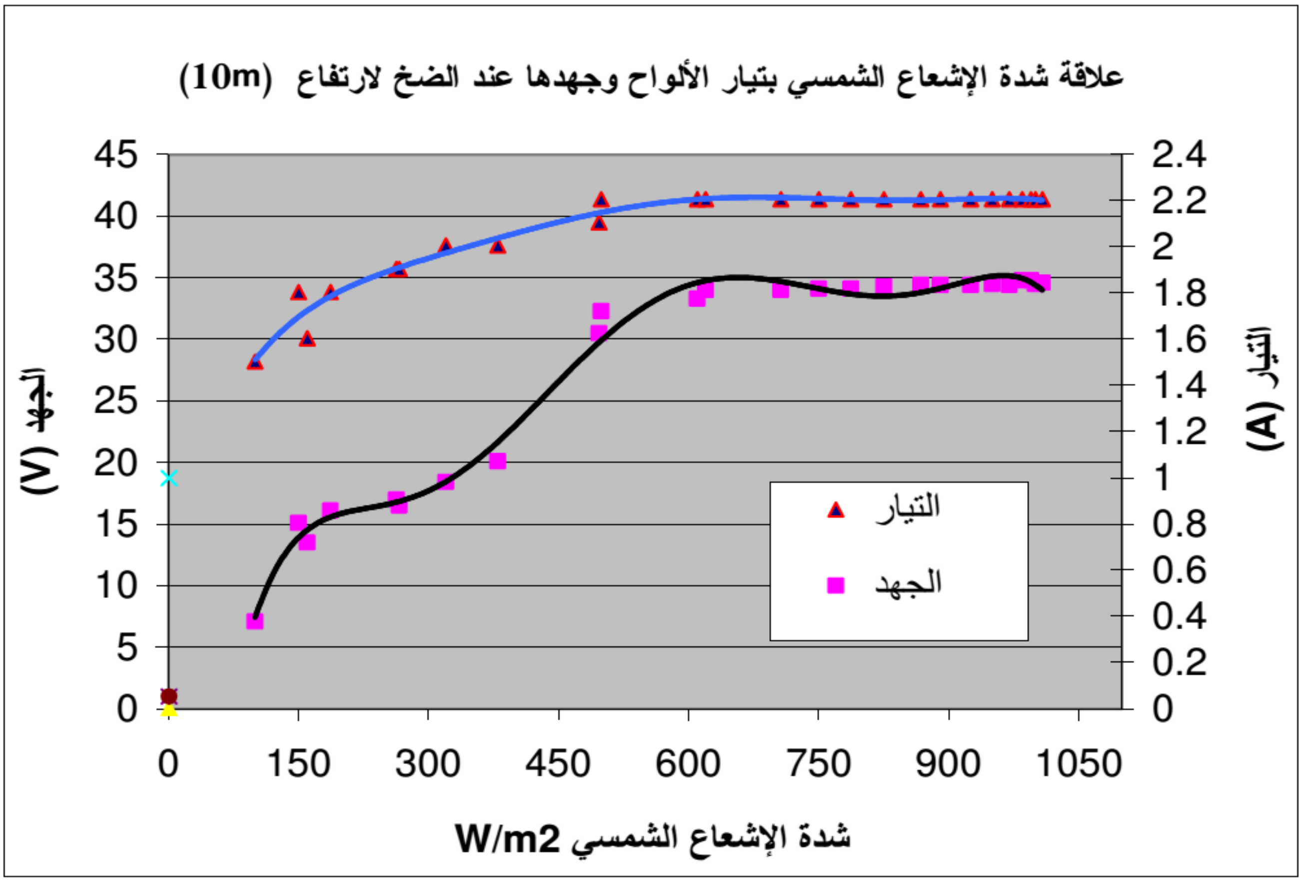
الشكل(4-7)

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع 10m

يبين الجدول (3-4) قيم الجهد وشدة التيار على خرج الألواح عند عمل المضخة لارتفاع 10m:

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	شدة التيار (A)	الجهد (V)	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	شدة التيار (A)	الجهد (V)
100	1.5	7.1	750	2.2	34.1
150	1.8	15.1	787	2.2	34.1
160	1.6	13.5	825	2.2	34.3
187	1.8	16.1	867.9	2.2	34.4
263	1.9	17	890	2.2	34.4
266.5	1.9	16.5	925	2.2	34.4
320	2	18.4	950	2.2	34.5
380	2	20.1	970	2.2	34.4
496.5	2.1	30.5	985	2.2	34.8
499.1	2.2	32.3	995	2.2	34.8
610	2.2	33.3	1000	2.2	34.5
620	2.2	34	1008	2.2	34.6
706.5	2.2	34			

الجدول (3-4)



الشكل(4-8)

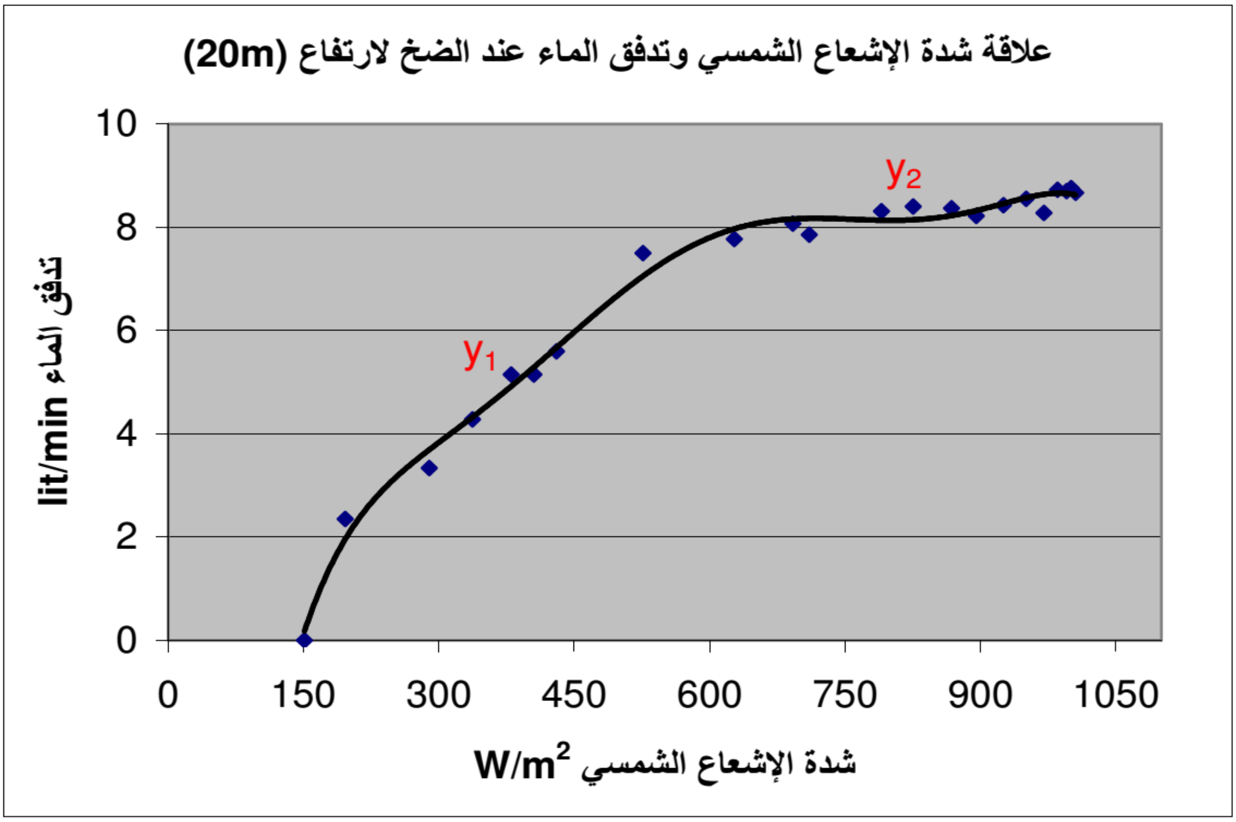
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي وجهد الألواح وتيارها عند الضخ لارتفاع 10m

3- يوضح الجدول (4-4) و الشكل(4-9) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وكمية الماء المتدفق لمدة دقيقة عند ارتفاع 20m:

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وكمية الماء عند ارتفاع 20m

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min
151	0	790	8.31
196	2.35	825	8.4
289	3.34	867.6	8.37
337	4.28	895	8.22
380	5.15	925	8.43
405	5.15	950	8.55
430	5.6	970	8.28
526	7.5	985	8.73
627	7.77	995	8.7
692	8.07	1000	8.76
710	7.86	1005	8.67

الجدول (4-4)



الشكل(4-9)

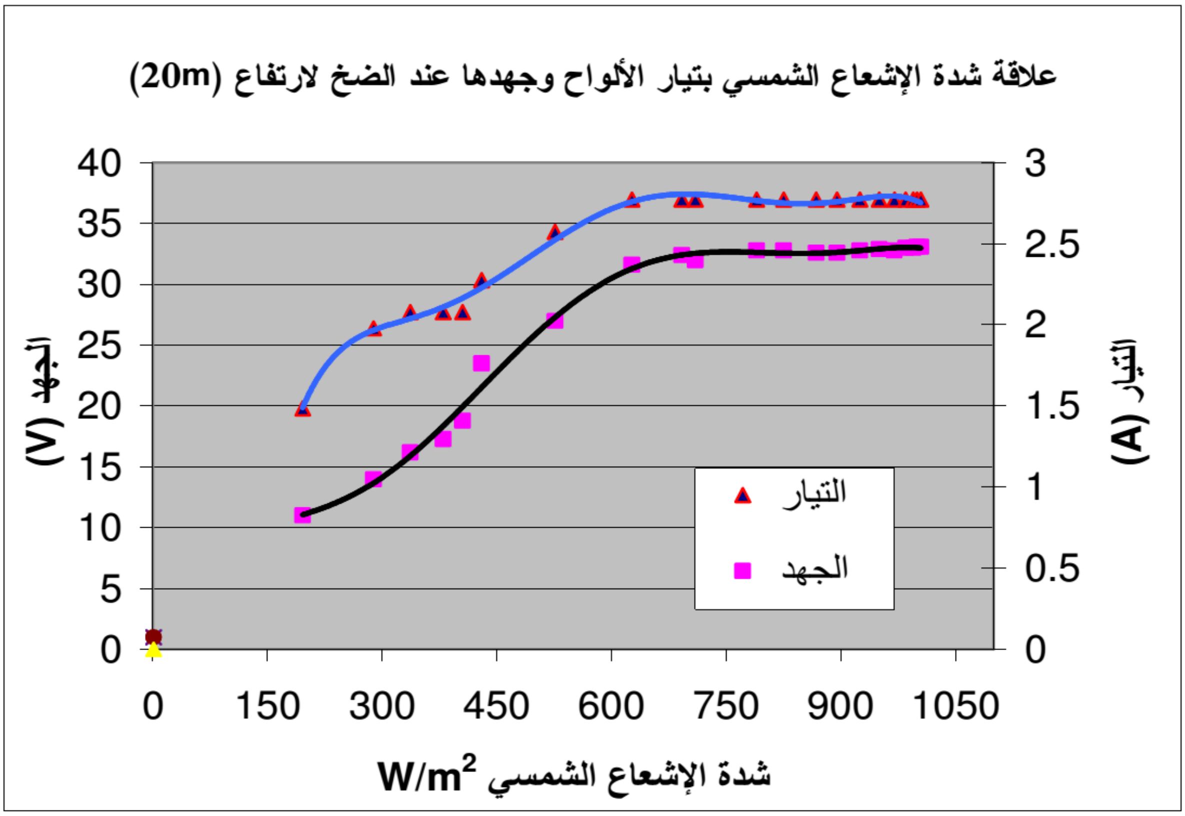
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند الضخ لارتفاع 20m

يبين الجدول (4-5) و الشكل(4-10) قيم الجهد وشدة التيار المسجلة على خرج الألواح الكهروشمسية عند عمل المضخة لارتفاع 20m:

قيم الجهد وشدة التيار المسجلة عند الضخ لارتفاع 20m

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	شدة التيار (A)	الجهد (V)	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	شدة التيار (A)	الجهد (V)
196	1.5	11	825	2.8	32.8
289	2	14	867.6	2.8	32.6
337	2.1	16.2	895	2.8	32.6
380	2.1	17.3	925	2.8	32.8
405	2.1	18.8	950	2.8	32.9
430	2.3	23.5	970	2.8	32.8
526	2.6	27	985	2.8	33
627	2.8	31.6	995	2.8	33
692	2.8	32.4	1000	2.8	33.1
710	2.8	32	1005	2.8	33.1
790	2.8	32.8			

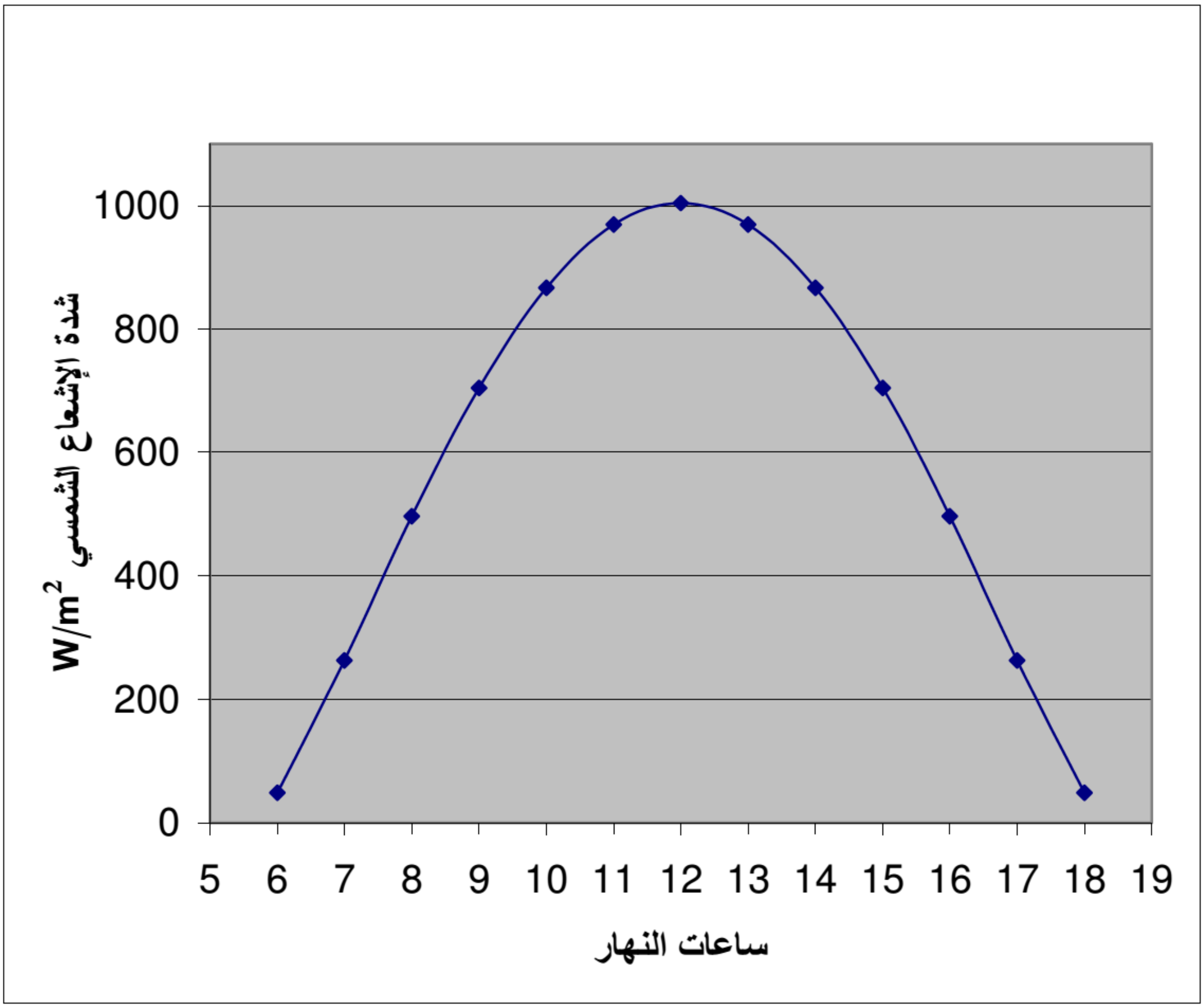
الجدول (4-5)



الشكل(4-10)

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي وجهد الألواح وتيارها عند الضخ لارتفاع 20m

يبين الشكل(4-11) تغير شدة الإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار ليوم 12/8/2008 عند زاوية ميل للألواح الكهروشمسية (22°):



الشكل(4-11)
تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 12/8/2008 عند زاوية ميل للألواح (22°)

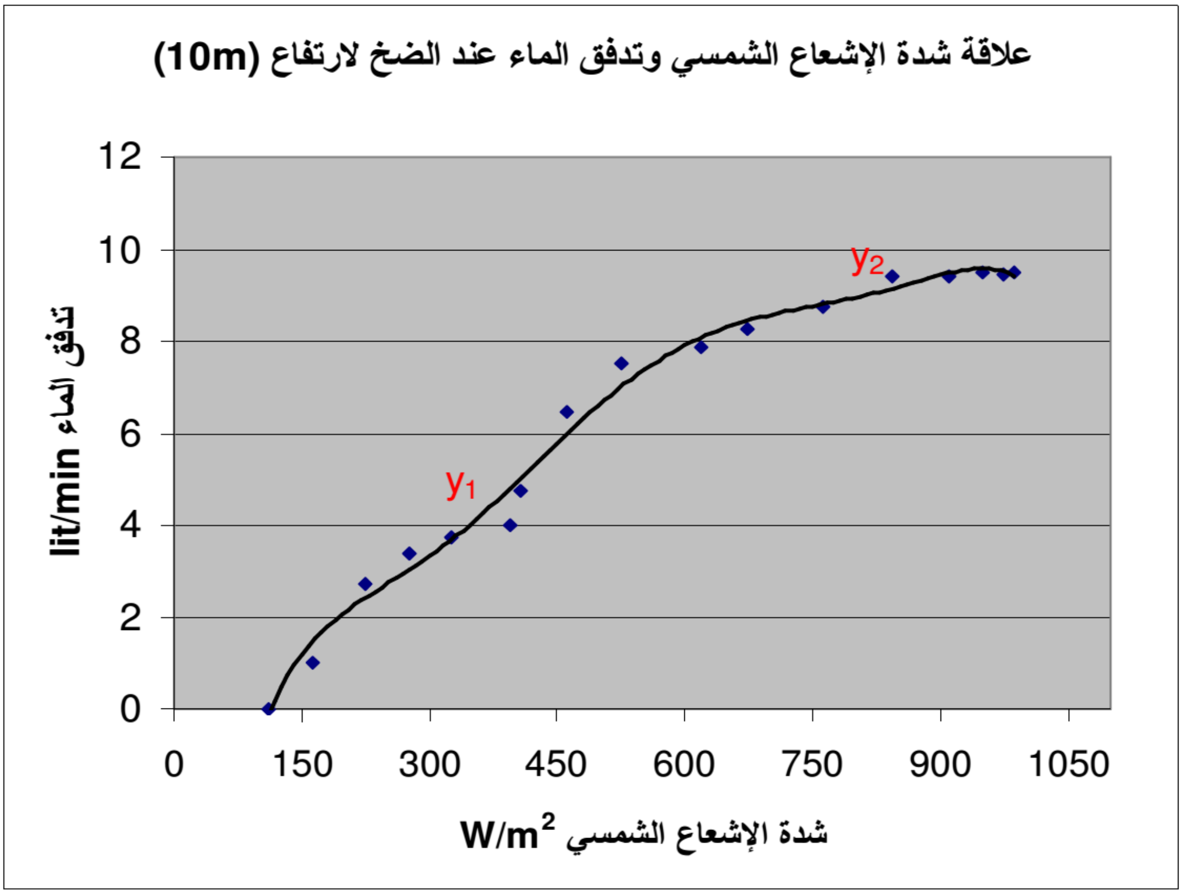
ثانياً– عند زاوية ميل خط العرض للألواح الكهروشمسية (35.5°) وباتجاه الجنوب:

1- يوضح الجدول (6-4) و الشكل(12-4) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وكمية الماء المتدفق لمدة دقيقة عند ارتفاع 10m:

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند الضخ لارتفاع 10m

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min
110	0	620	7.86
163	1	673.2	8.28
224	2.71	763	8.76
275	3.39	843.1	9.39
325	3.72	910	9.42
395	3.99	950.7	9.48
407	4.76	975	9.45
460	6.44	987.5	9.51
526	7.52		

الجدول (6-4)



الشكل(12-4)

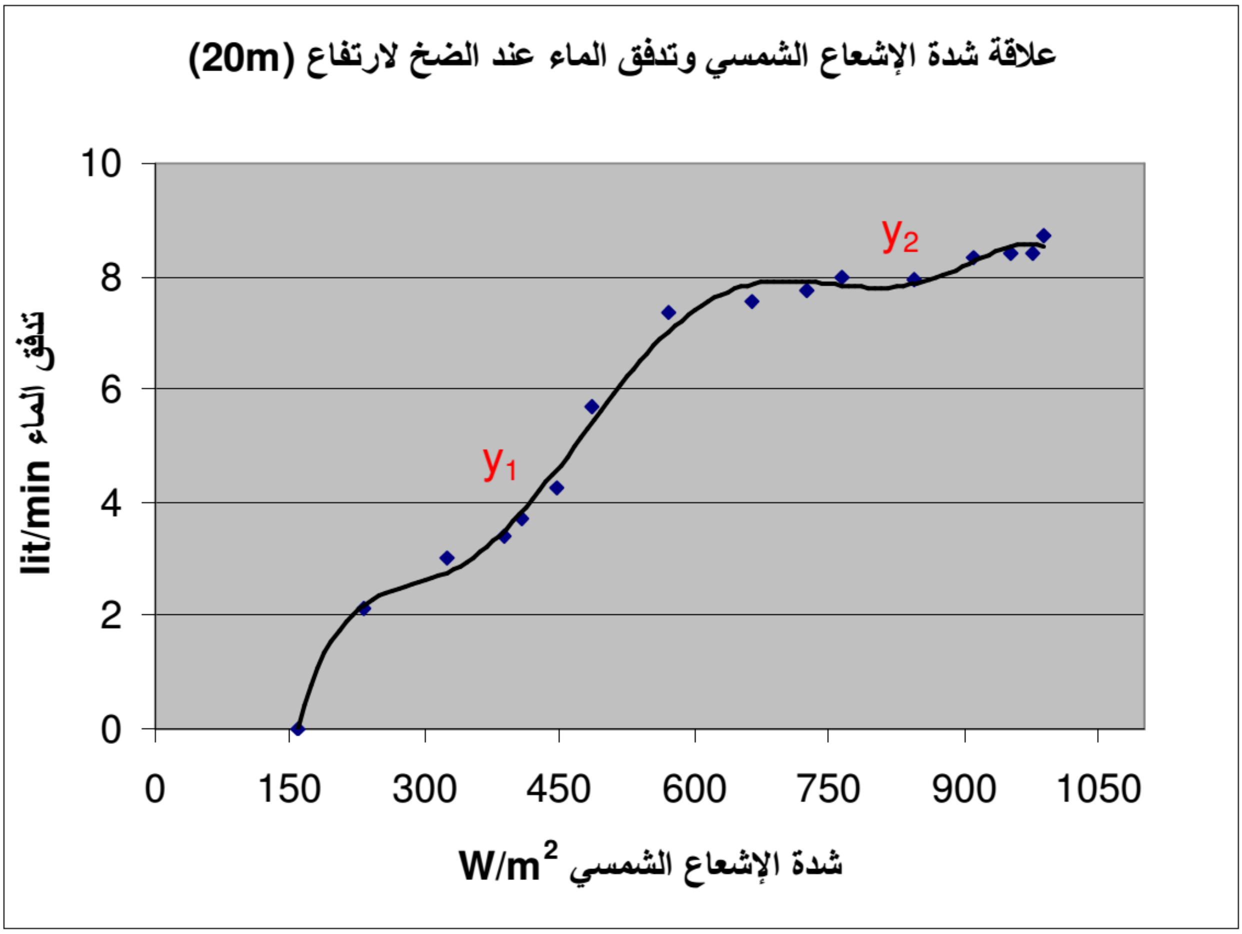
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند الضخ لارتفاع 10m

2- يوضح الجدول (4-7) و الشكل(4-13) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وكمية الماء المتدفق لمدة دقيقة عند ارتفاع 20m:

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند الضخ لارتفاع 20m

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min
159	0	663	7.55
232	2.13	725	7.76
325	3.03	763	8
388	3.42	843.1	7.96
407	3.72	910	8.32
447	4.25	950.7	8.4
486	5.7	975	8.4
570	7.35	987.5	8.72

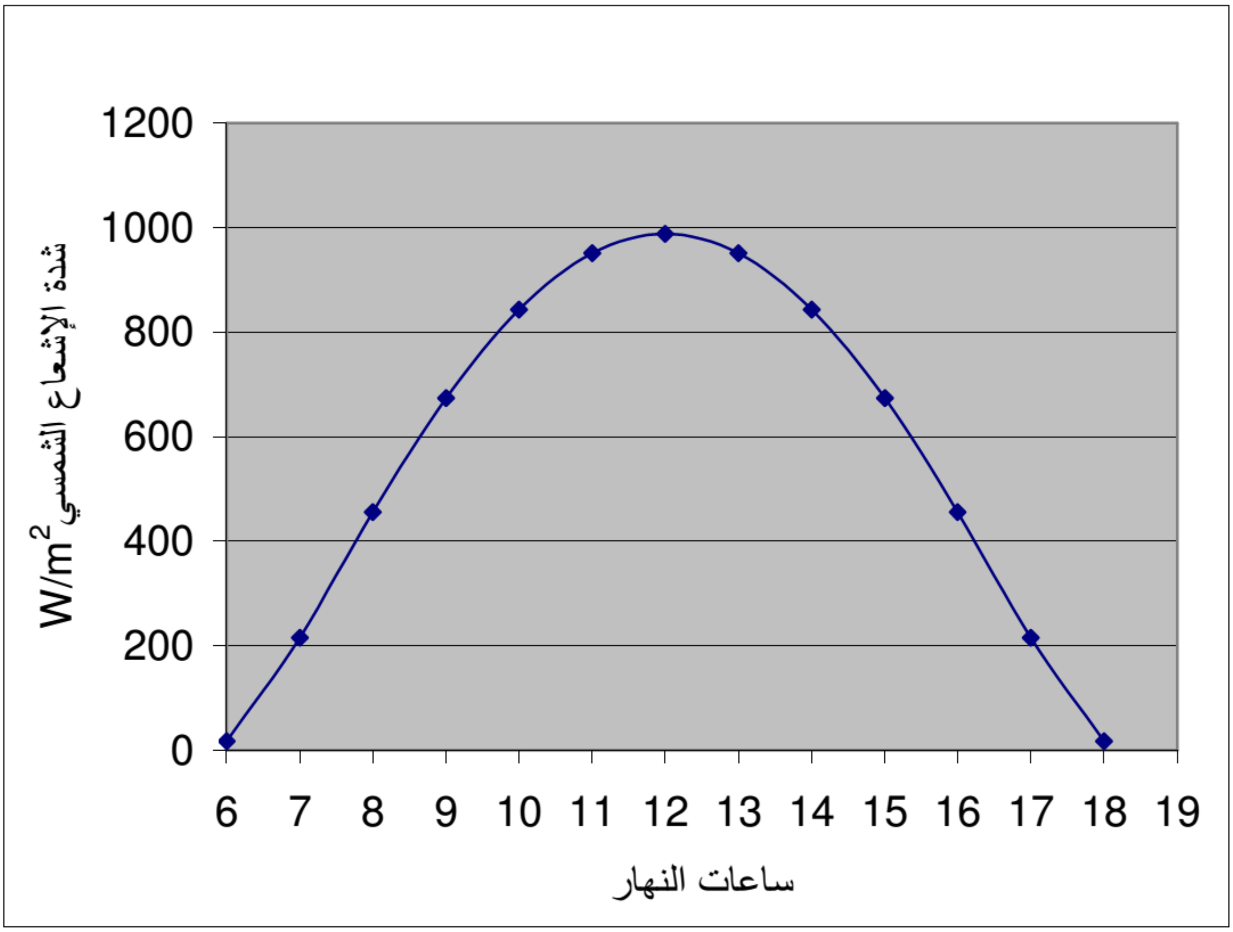
الجدول (4-7)



الشكل(4-13)

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند الضخ لارتفاع 20m

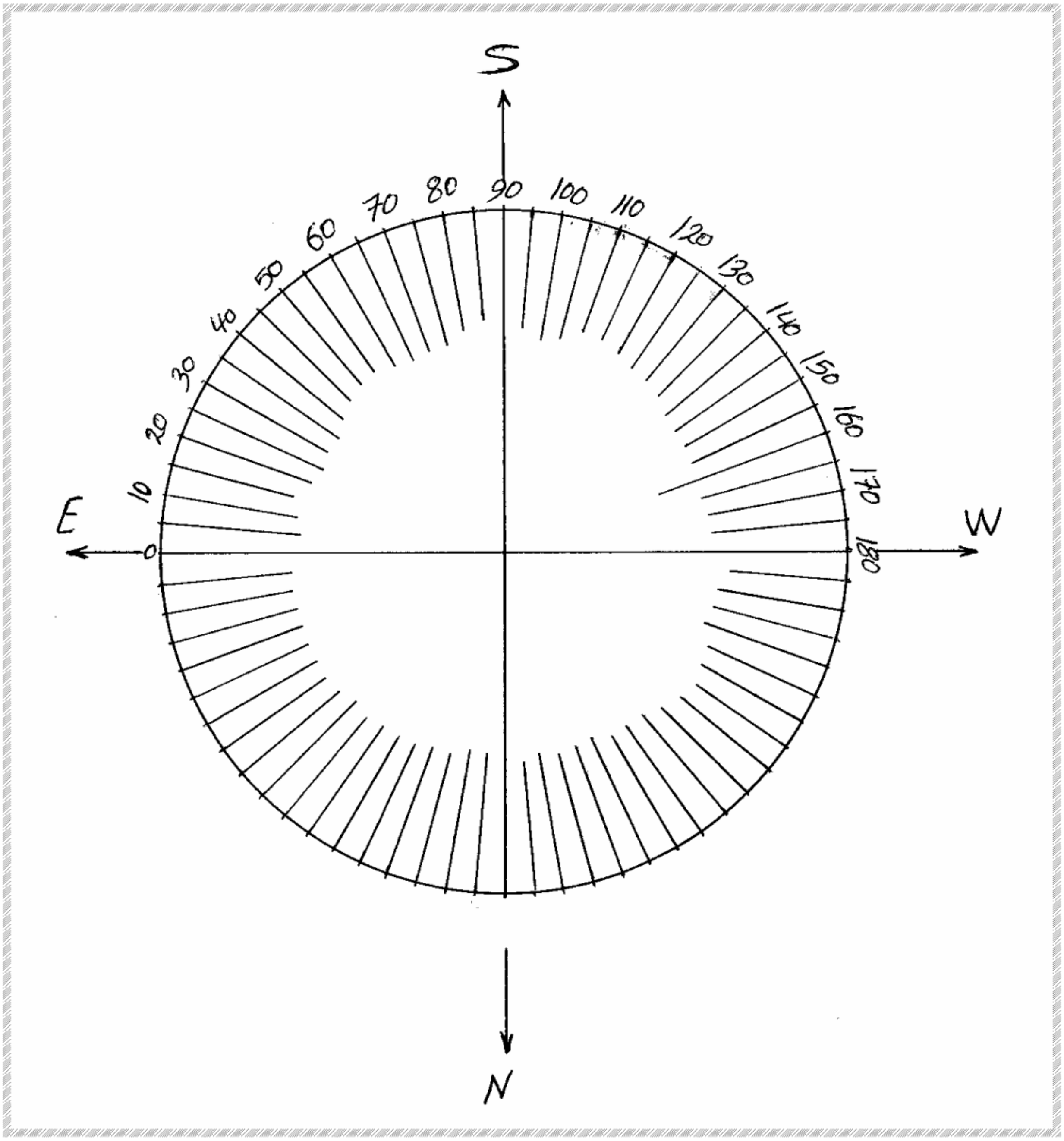
يبين الشكل(4-14) تغير شدة الإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار ليوم 25/8/2008 عند زاوية ميل للألواح الكهروشمسية (35.5°):



الشكل(4-14)
تغير شدة الإشعاع الشمسي خلال النهار ليوم 25/8/2008 عند زاوية ميل للألواح (35.5°)

آلية تحريك الألواح الكهروشمسية:

تم تحريك الألواح الكهروشمسية بشكل يدوي، حيث رُسمت منقلة مرقمة على الأرض ووُضعت الألواح في مركز هذه المنقلة بحيث تكون مواجهة لأشعة الشمس. وتبين من خلال التجربة أن الألواح الكهروشمسية تبقى مواجهة للشمس عند تحريكها من الشرق إلى الغرب بمقدار (5) درجات كل ربع ساعة خلال ساعات النهار.



الشكل(4-15)

آلية تحريك الألواح الكهروشمسية

ثالثاً- عند زاوية ميل للألواح الكهروشمسية (°22) وتحريك الألواح مع حركة الشمس:

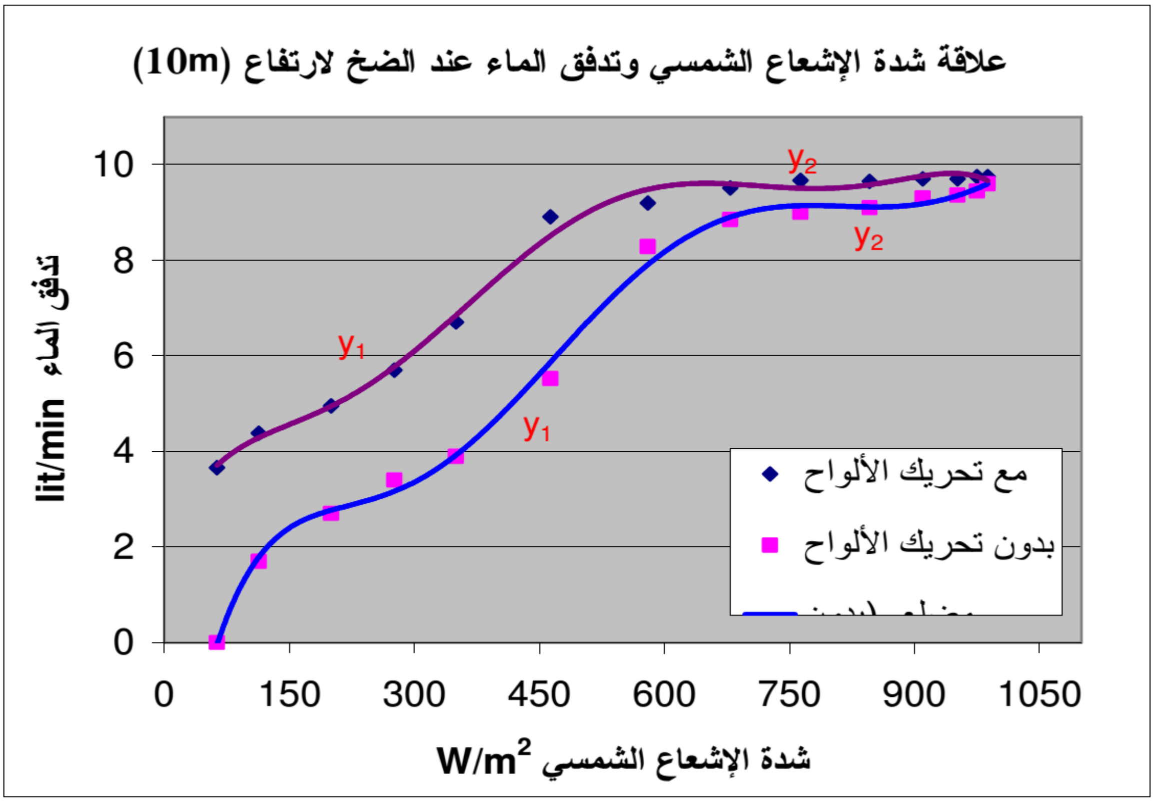
تم تحريك الألواح مع حركة الشمس بمقدار (5) درجات لكل ربع ساعة.

1- يوضح الجدول(4-8) و الشكل(4-15) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وكمية الماء المتدفق لمدة دقيقة عند ارتفاع 10m:

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند الضخ لارتفاع 10m

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min مع تحريك الألواح	التدفق Lit/min بدون تحريك الألواح	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min مع تحريك الألواح	التدفق Lit/min بدون تحريك الألواح
63	3.66	0	678.8	9.51	8.29
113	4.38	1.7	763	9.67	8.85
200	4.95	2.7	846.1	9.65	9
276	5.7	3.4	910	9.7	9.1
350	6.71	3.9	951.7	9.7	9.3
463.1	8.91	5.52	975	9.75	9.36
580	9.2	8.29	987.8	9.75	9.45

الجدول(4-8)



الشكل(4-16)

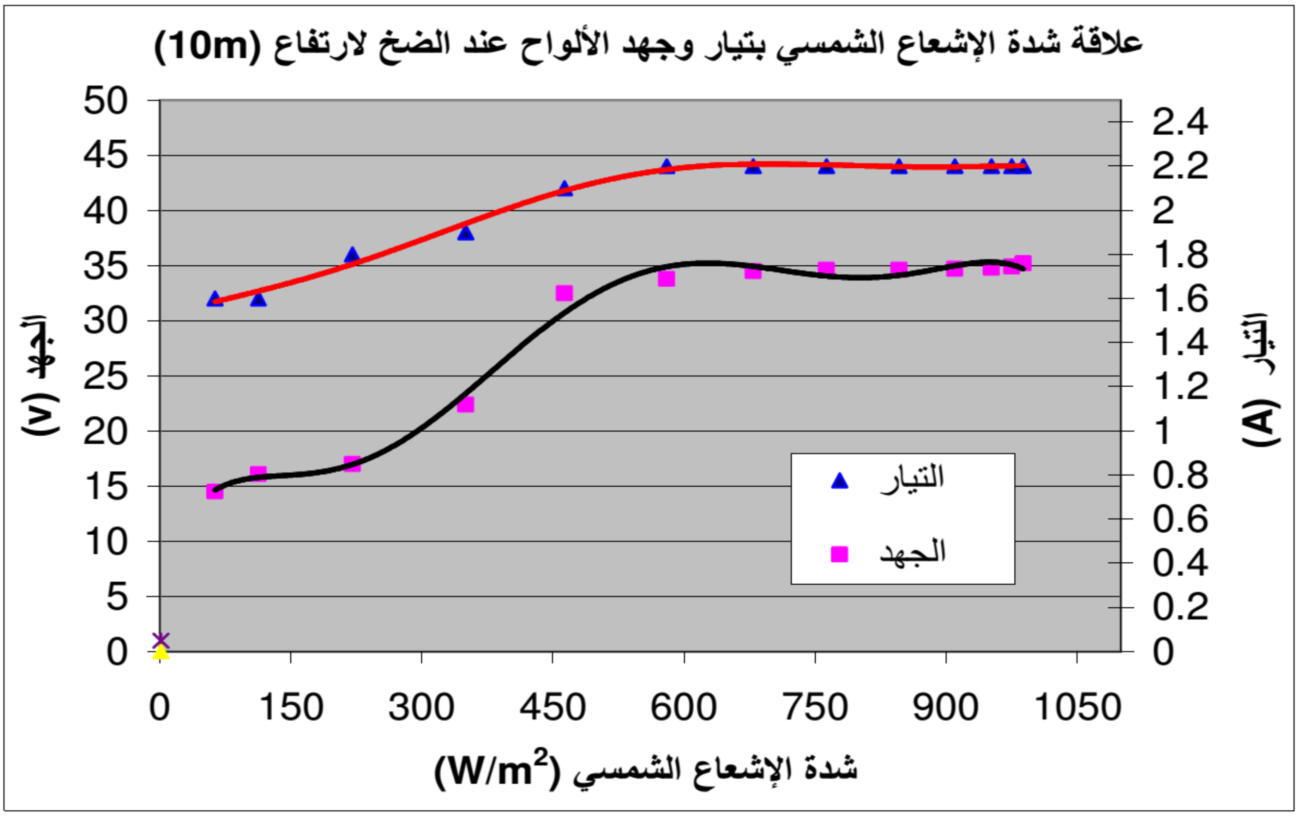
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند الضخ لارتفاع 10m

يوضح الجدول (4-9) والشكل (4-16) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط و قيم الجهد وشدة التيار المسجلة على خرج الألواح الكهروشمسية عند عمل المضخة لارتفاع 10m:

قيم الجهد وشدة التيار المسجلة عند الضخ لارتفاع 10m

شدة التيار (A)	الجهد (V)	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	شدة التيار (A)	الجهد (V)	الإشعاع الشمسي (W/m^2)
2.2	33.8	580	2.2	35.2	987.8
2.1	32.5	463.1	2.2	34.9	975
1.9	22.4	350	2.2	34.8	951.7
1.8	17	220.4	2.2	34.7	910
1.6	16.1	113	2.2	34.6	846.1
1.6	14.5	63	2.2	34.6	763
			2.2	34.5	678.8

الجدول (4-9)



الشكل (4-17)

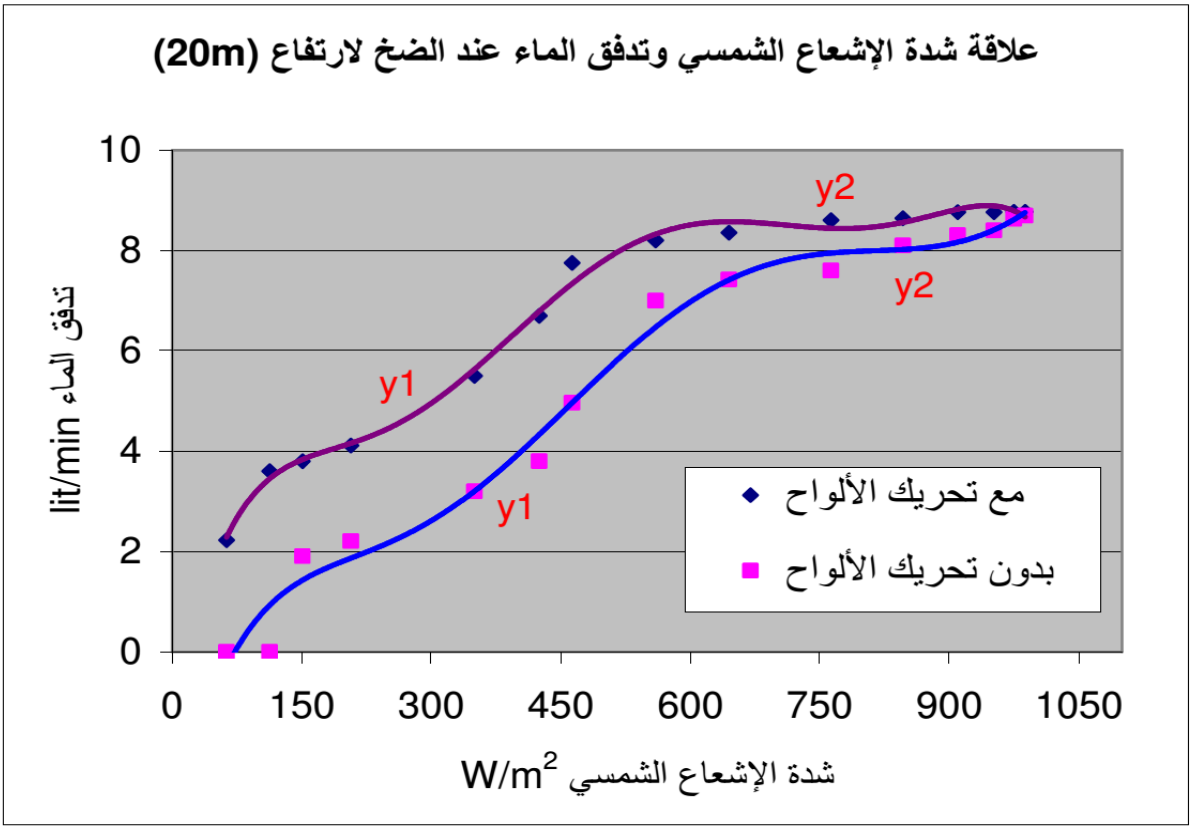
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط و قيم الجهد وشدة التيار المسجلة على خرج الألواح الكهروشمسية عند عمل المضخة لارتفاع 10m

2- يوضح الجدول(4-10) و الشكل(4-17) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وكمية الماء المتدفق لمدة دقيقة عند ارتفاع 20m:

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند الضخ لارتفاع 20m

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min مع تحريك الألواح	التدفق Lit/min بدون تحريك الألواح	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق Lit/min مع تحريك الألواح	التدفق Lit/min بدون تحريك الألواح
63	2.22	0	645	8.35	7.42
113	3.6	0	763	8.6	7.6
151	3.8	1.9	846.1	8.64	8.1
207	4.11	2.2	910	8.76	8.3
350	5.5	3.2	951.7	8.76	8.4
425	6.7	3.8	975	8.77	8.63
463.1	7.75	4.96	987.8	8.77	8.69
560	8.2	7			

الجدول(4-10)



الشكل(4-18)

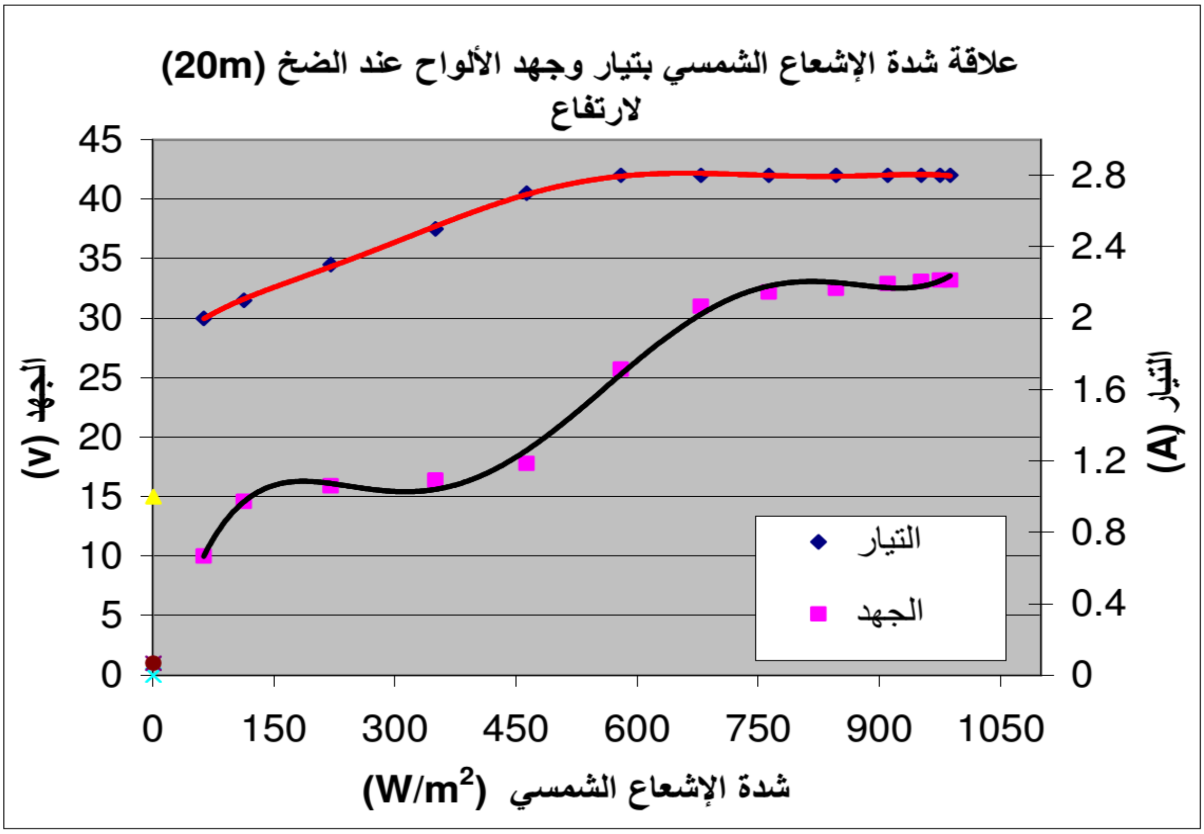
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند الضخ لارتفاع 20m

يوضح الجدول (4-11) والشكل (4-18) العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط و قيم الجهد وشدة التيار المسجلة على خرج الألواح الكهروشمسية عند عمل المضخة لارتفاع 20m:

قيم الجهد وشدة التيار المسجلة عند الضخ لارتفاع 20m

شدة التيار (A)	الجهد (V)	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	شدة التيار (A)	الجهد (V)	الإشعاع الشمسي (W/m^2)
2.8	25.7	580	2.8	33.2	987.8
2.7	17.8	463.1	2.8	33.2	975
2.5	16.4	350	2.8	33.1	951.7
2.3	15.9	220.4	2.8	32.9	910
2.1	14.6	113	2.8	32.5	846.1
2	10	63	2.8	32.2	763
			2.8	31	678.8

الجدول (4-11)



الشكل (4-19)

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط و قيم الجهد وشدة التيار المسجلة على خرج الألواح الكهروشمسية عند عمل المضخة لارتفاع 20m

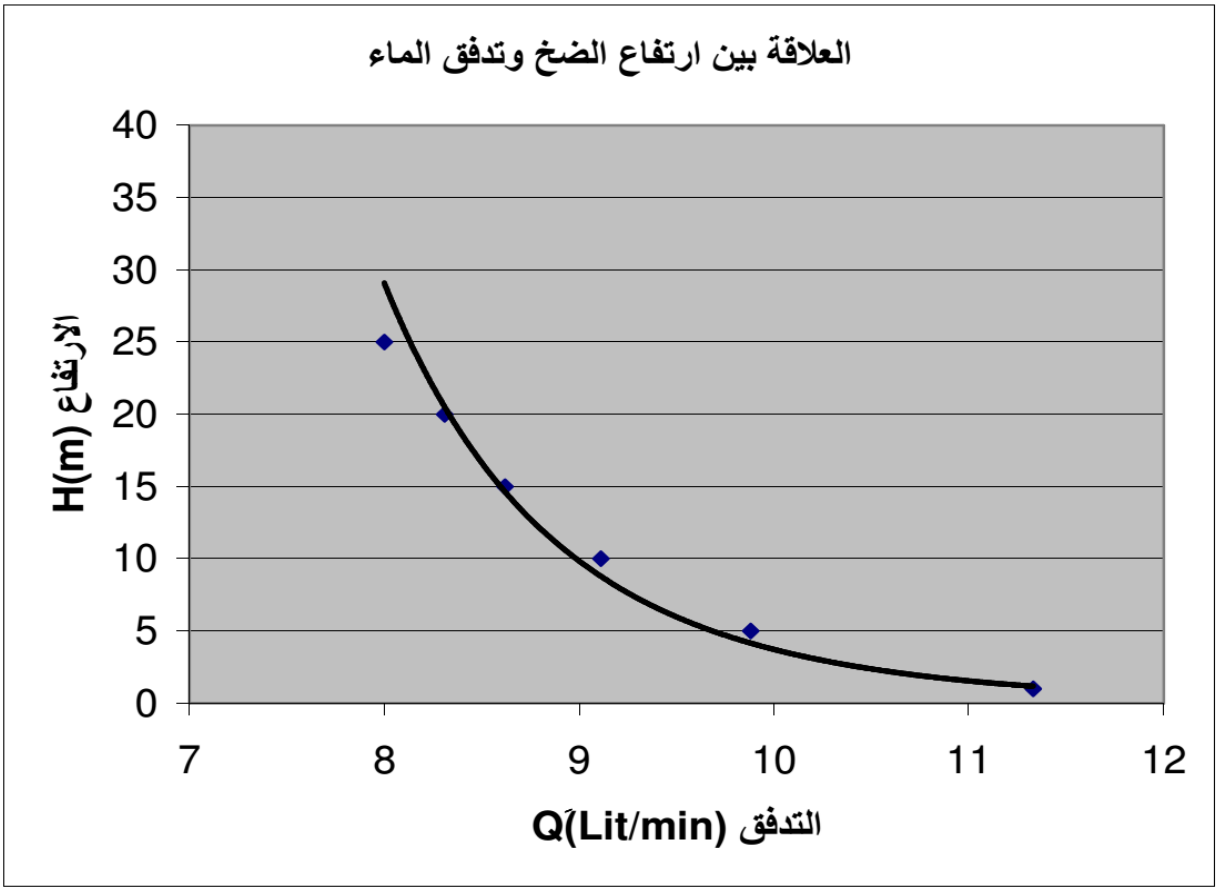
بعد ذلك تم رسم العلاقة بين ارتفاع الضخ وتدفق الماء المبينة في الجدول (4-12) و الشكل(4-19) عند زاوية ميل (22°):

ملاحظة: تم تحديد قيمة التدفق من خلال القيمة الوسطية للتدفق خلال مرحلة استقرار عمل المضخة التي كانت عند قيمة الإشعاع الشمسي $G_{th} > 500 W/m^2$.

العلاقة بين ارتفاع الضخ وتدفق الماء

الارتفاع(m)	التدفق(lit/min)
1	11.33
5	9.88
10	9.11
15	8.62
20	8.31
25	8

الجدول (4-12)



الشكل(4-20)

العلاقة بين ارتفاع الضخ وتدفق الماء

اعتماداً على القيم المقاسة في شهري آب وأيلول تم رسم منحني العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء لليوم الخامس عشر من كل شهر لباقي أشهر السنة، حيث تم اعتماد زاوية ميل الألواح الكهروشمسية (22°) بالنسبة لأشهر الصيف و(45.5°) بالنسبة لأشهر الشتاء.

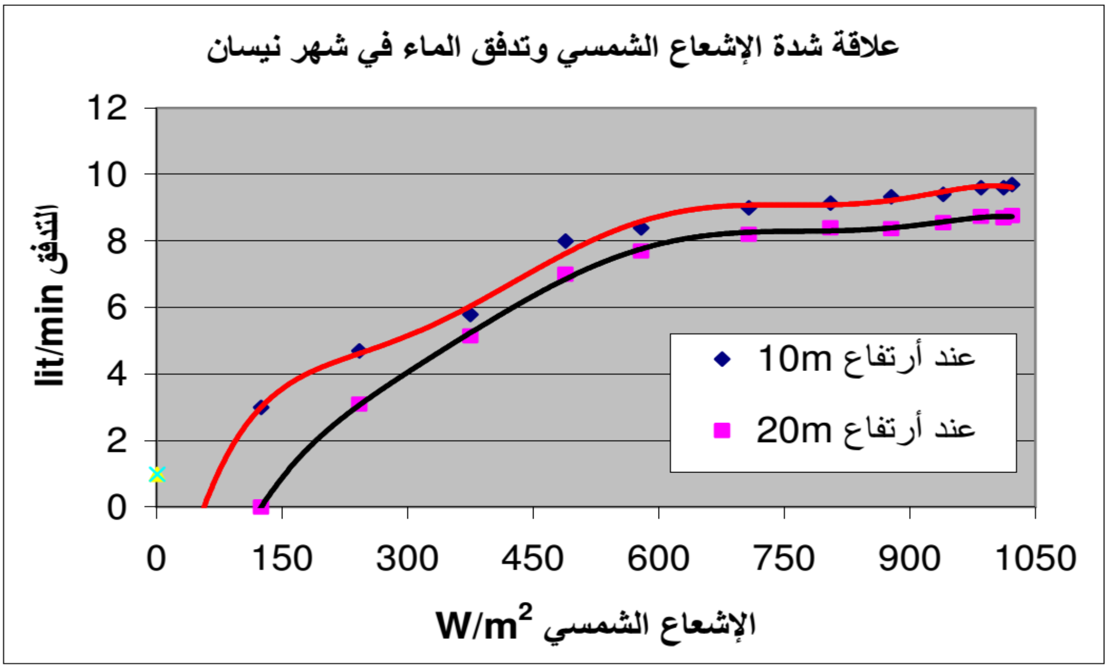
<u>أولاً– أشهر الصيف:</u>

1- شهر نيسان: يبين الجدول (4-13) و الشكل(4-20) منحني العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و (20m):

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m)و(20m) لشهر نيسان

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min
24.59	0	0	805	9.14	8.4
125	3	0	877.8	9.33	8.37
242.4	4.7	3.1	940	9.4	8.55
375	5.8	5.15	985.4	9.6	8.73
488.6	8	7	1012	9.6	8.7
579	8.4	7.7	1022	9.69	8.76
707.7	9	8.2			

الجدول (4-13)



الشكل(4-21)

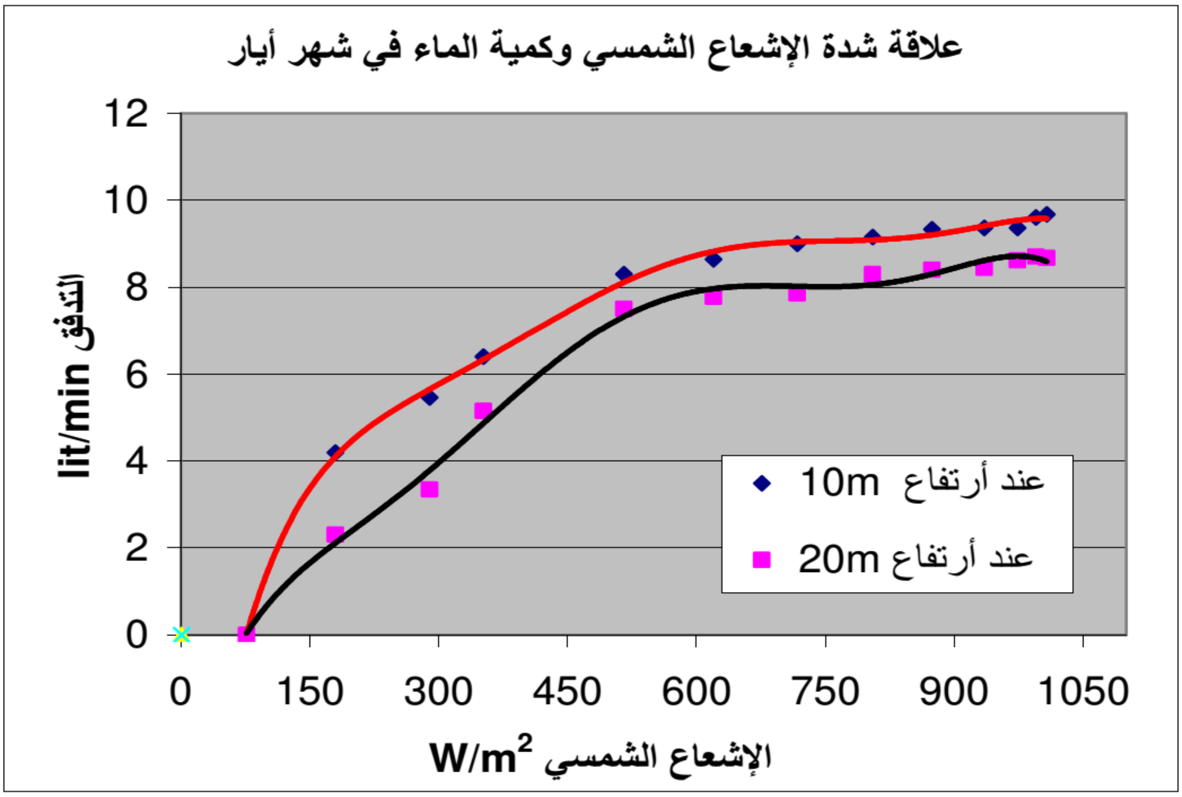
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m)و(20m) لشهر نيسان

2- شهر أيار: يبين الجدول (4-14) و الشكل(4-21) منحني العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و (20m):

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m)و(20m) لشهر أيار

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min
76.29	0	0	805	9.15	8.3
180	4.2	2.3	874.4	9.33	8.4
289.4	5.46	3.34	935	9.36	8.45
352	6.4	5.15	973.8	9.36	8.62
515.8	8.3	7.5	995	9.6	8.7
620	8.64	7.78	1008	9.67	8.67
717.4	9	7.86			

الجدول (4-14)



الشكل(4-22)

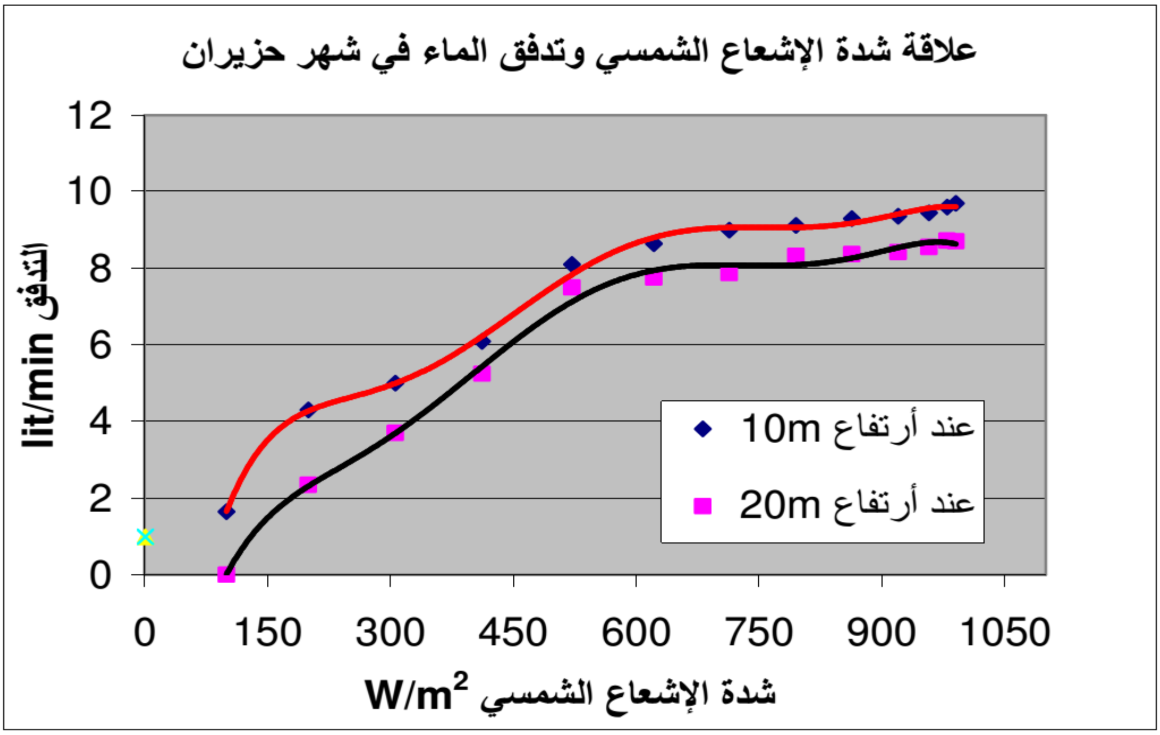
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر أيار

3- شهر حزيران: يبين الجدول (4-15) و الشكل(4-22) منحني العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و (20m):

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر حزيران

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min
99.96	1.65	0	795	9.12	8.3
200	4.3	2.35	863.1	9.3	8.37
306.1	5.5	3.7	920	9.36	8.42
412	6.5	5.25	957.8	9.45	8.55
521.6	8.3	7.5	980	9.6	8.72
622	8.64	7.76	990.2	9.67	8.7
713.6	9	7.87			

الجدول (4-15)



الشكل(4-23)

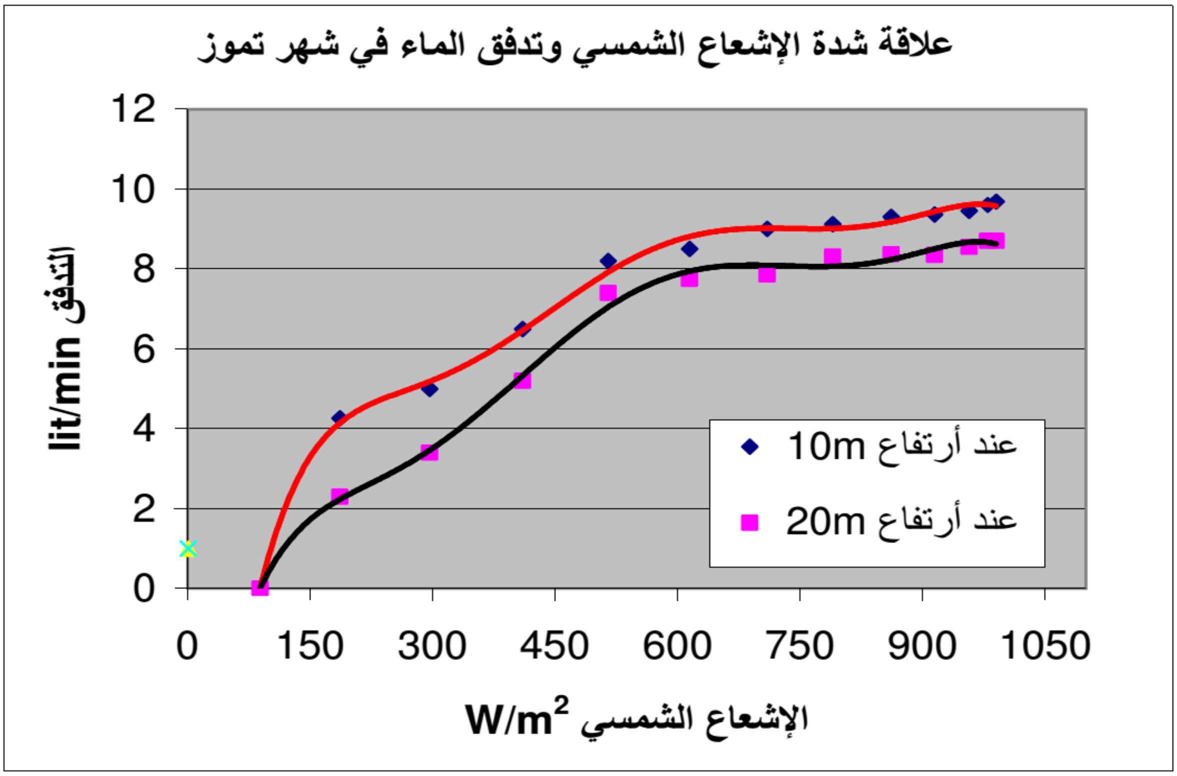
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر حزيران

4- شهر تموز: يبين الجدول (4-16) و الشكل(4-23) منحني العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و (20m):

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر تموز

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min
88.91	0	0	790	9.12	8.31
187	4.26	2.30	861.3	9.3	8.37
296.6	5	3.4	915	9.36	8.40
410	6.5	5.20	957.3	9.45	8.55
515.1	8.2	7.4	980	9.6	8.72
615	8.5	7.75	990.1	9.69	8.7
709.7	9	7.86			

الجدول (4-16)



الشكل(4-24)

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر تموز

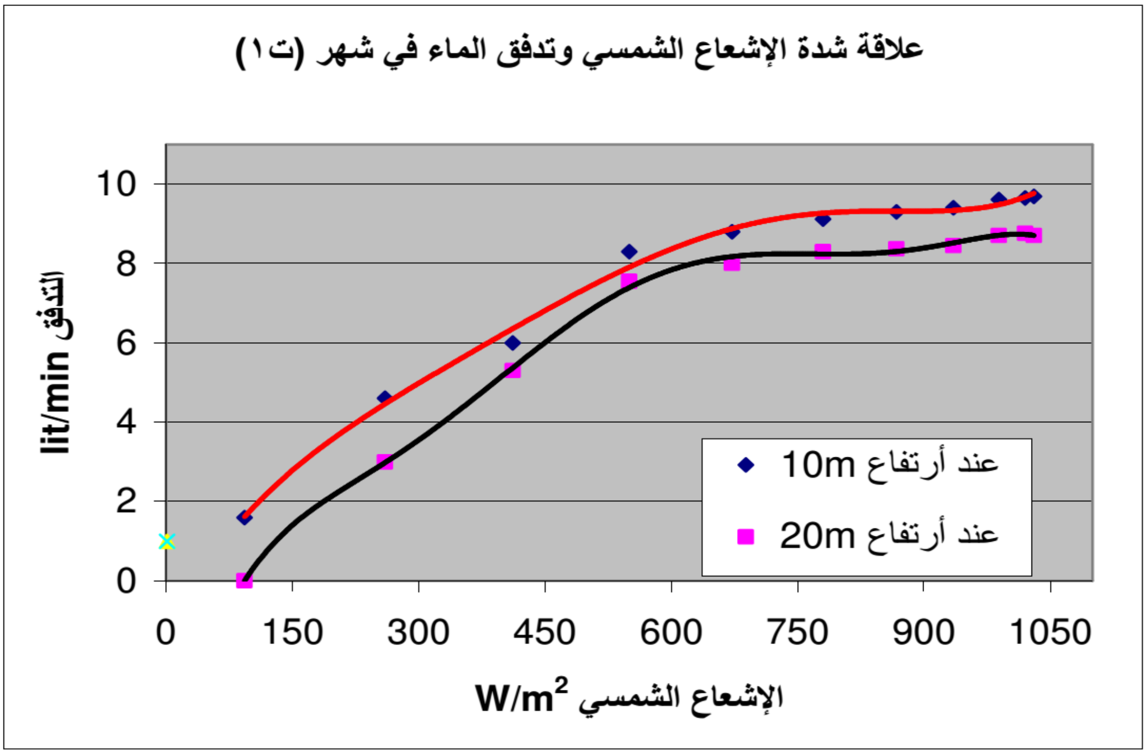
ثانياً: أشهر الشتاء

1- شهر تشرين الأول: يبين الجدول (4-18) و الشكل(4-25) منحني العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و (20m):

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر تشرين أول

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min
93.29	1.6	0	867.4	9.3	8.37
260	4.6	3	935	9.4	8.45
411.7	6	5.3	989.1	9.61	8.7
550	8.3	7.55	1020	9.65	8.76
672	8.8	8	1030	9.69	8.7
780	9.12	8.3			

الجدول (4-18)



الشكل(4-26)

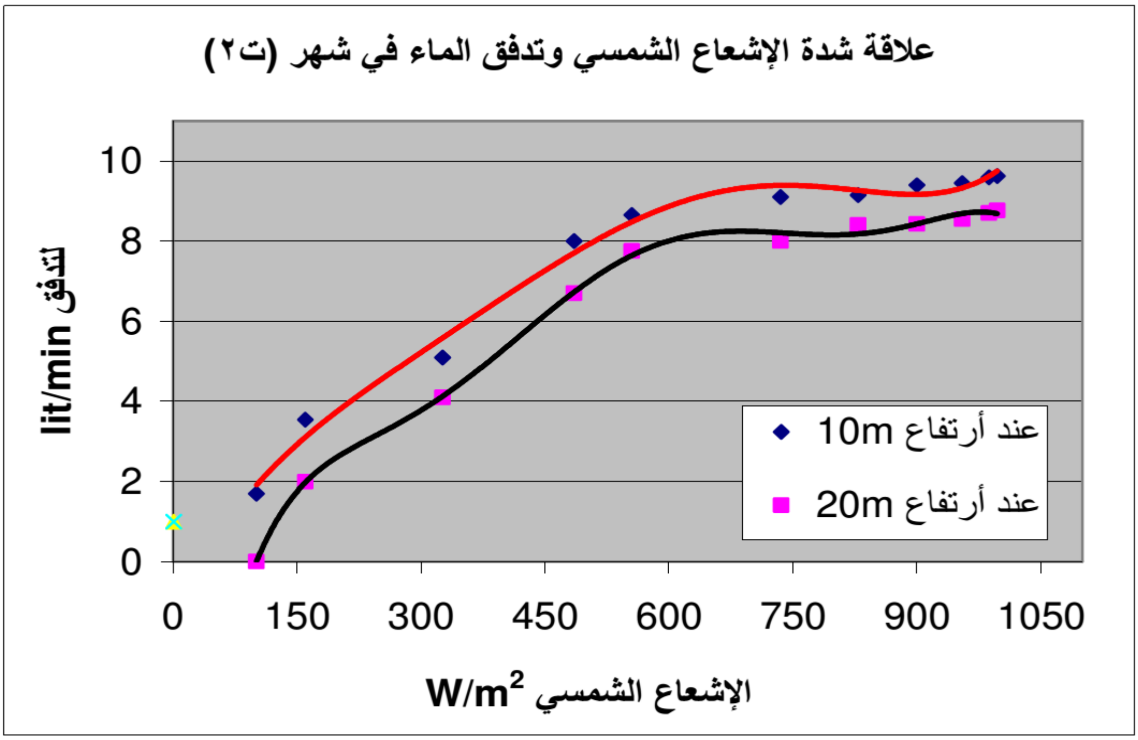
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر تشرين أول

2- شهر تشرين الثاني: يبين الجدول (4-19) و الشكل(4-26) منحني العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و (20m):

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر تشرين الثاني

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min
101	1.7	0	828.7	9.15	8.4
160	3.54	2	900	9.4	8.43
326.3	5.1	4.1	954.6	9.45	8.55
485	8	6.7	987	9.6	8.7
555	8.65	7.75	997.1	9.63	8.76
735	9.1	8			

الجدول (4-19)



الشكل(4-27)

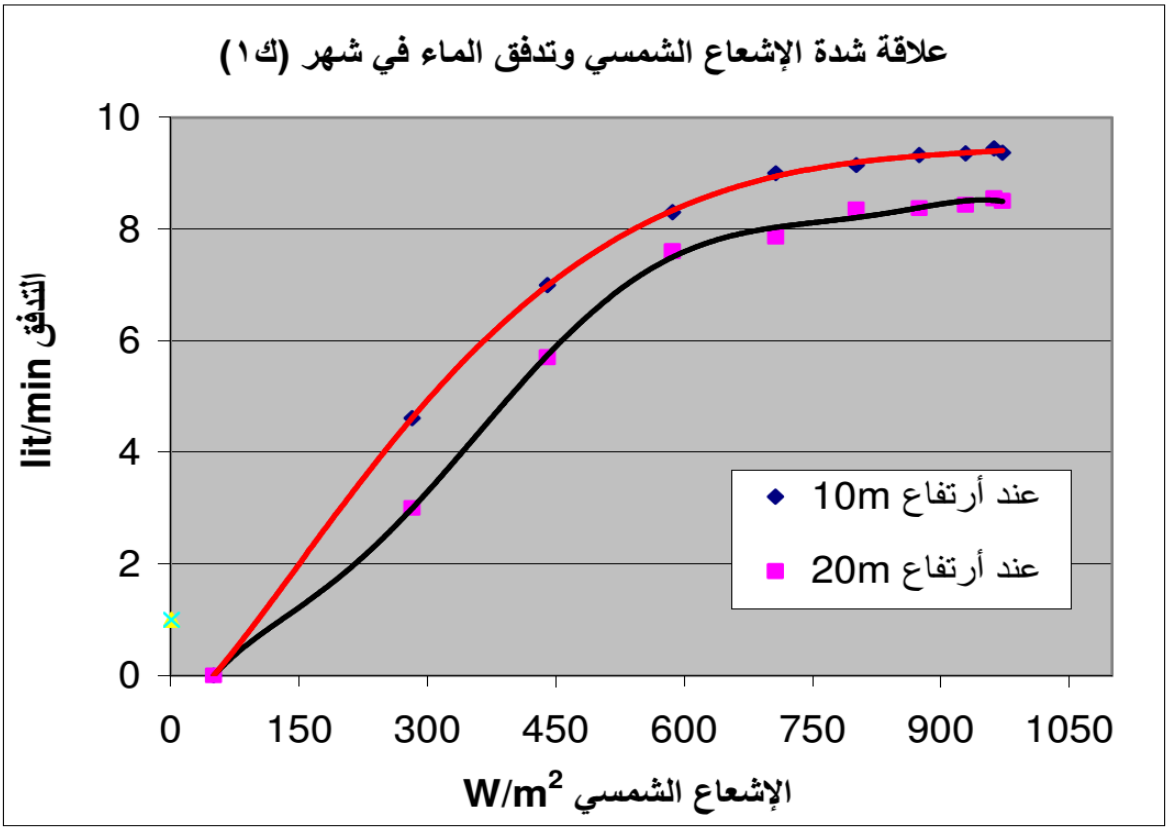
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر تشرين الثاني

3- شهر كانون الأول: يبين الجدول (4-20) و الشكل(4-27) منحني العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و (20m):

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر كانون الأول

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min
50	0	0	801.1	9.15	8.35
282	4.61	3	875	9.33	8.37
440	7	5.7	929.2	9.36	8.43
586.6	8.3	7.6	962	9.45	8.55
707	9	7.86	972.1	9.37	8.5

الجدول (4-20)



الشكل(4-28)

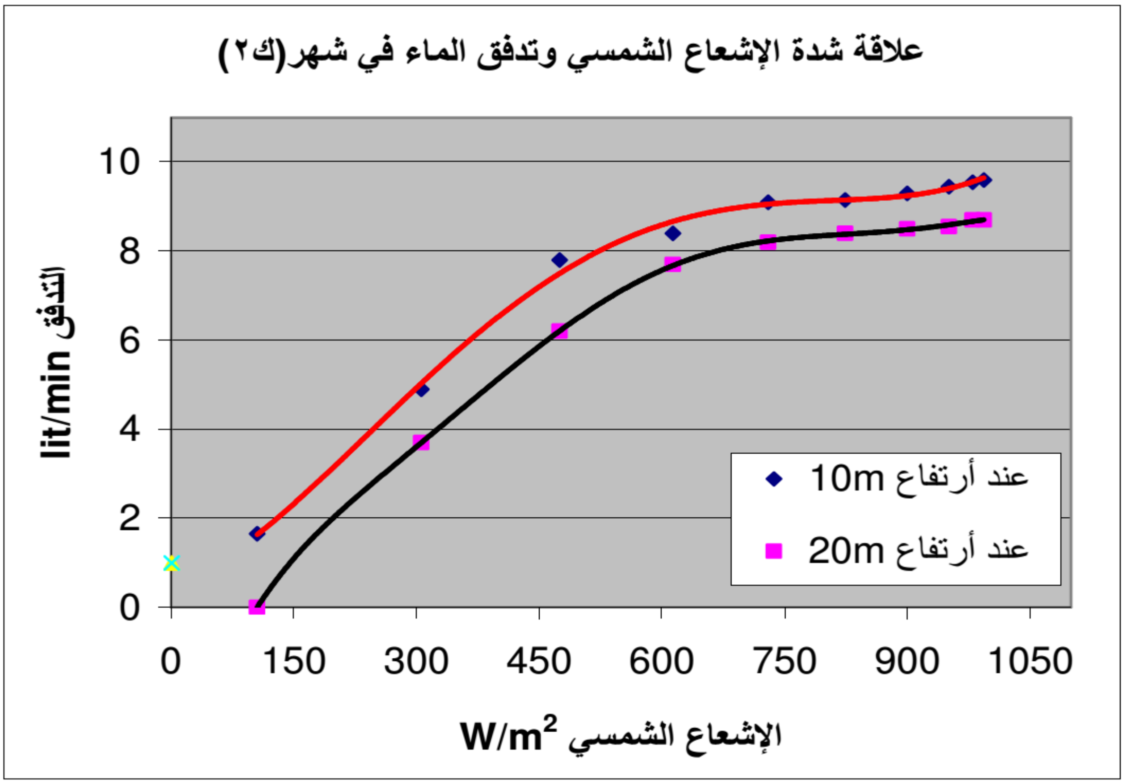
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر كانون الأول

4- شهر كانون الثاني: يبين الجدول (4-21) و الشكل(4-28) منحني العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و (20m):

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر كانون الثاني

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min
105	1.65	0	823.8	9.15	8.4
305.8	4.9	3.7	900	9.3	8.5
475	7.8	6.2	950.8	9.45	8.55
613.4	8.4	7.7	980	9.55	8.7
730	9.1	8.2	993.5	9.6	8.7

الجدول (4-21)



الشكل(4-29)

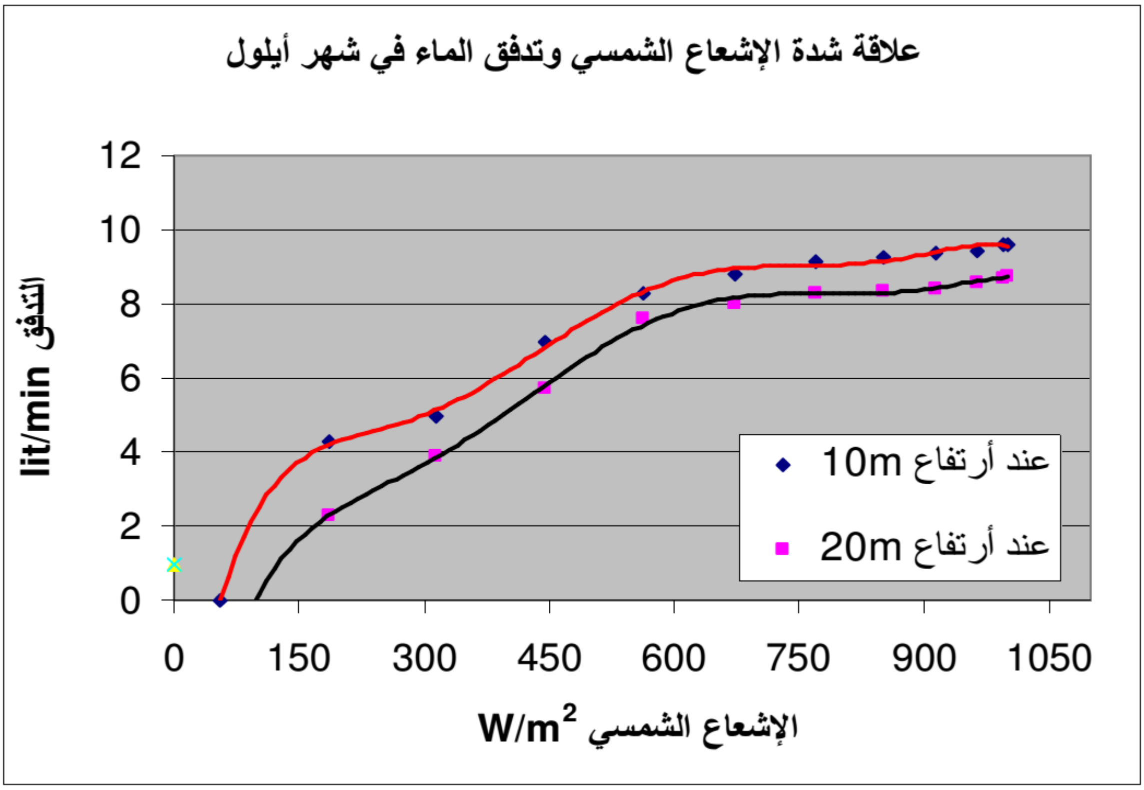
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر كانون الثاني

5- شهر أيلول: يبين الجدول (4-17) و الشكل(4-24) منحني العلاقة بين شـدة الإشـعاع الشمسـي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و (20m):

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر أيلول

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min
55	0	0	770	9.12	8.3
186.1	4.26	2.30	851.2	9.23	8.37
315	5	3.9	915	9.4	8.42
445.1	7	5.7	962.8	9.45	8.55
562	8.3	7.6	995	9.6	8.70
674.1	8.8	8	1001.1	9.60	8.76

الجدول (4-17)



الشكل(4-25)

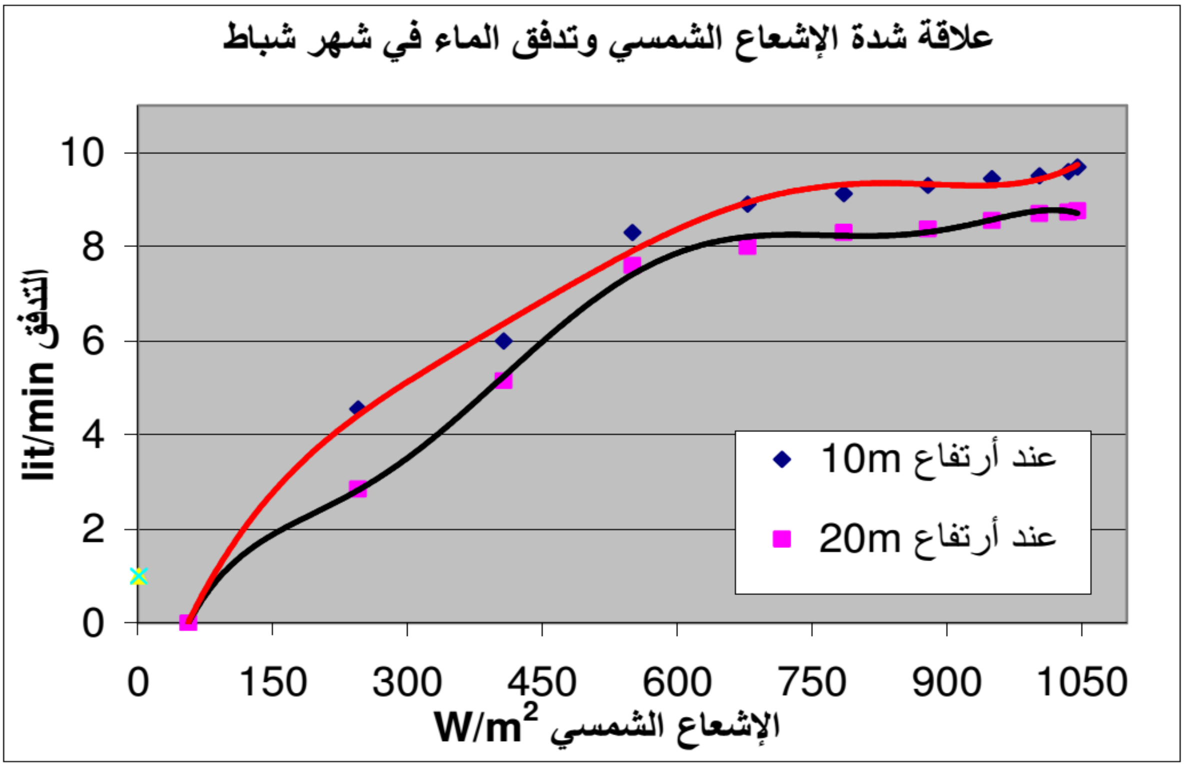
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر أيلول

5- شهر شباط: يبين الجدول (4-22) و الشكل(4-29) منحني العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و (20m):

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر شباط

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min
55.92	0	0	878.8	9.3	8.37
245	4.55	2	950	9.45	8.55
406.6	6	5.15	1003	9.51	8.7
550	8.3	7.6	1035	9.6	8.73
678.4	8.9	8	1045	9.69	8.76
785	9.12	8.3			

الجدول (4-22)



الشكل(4-30)

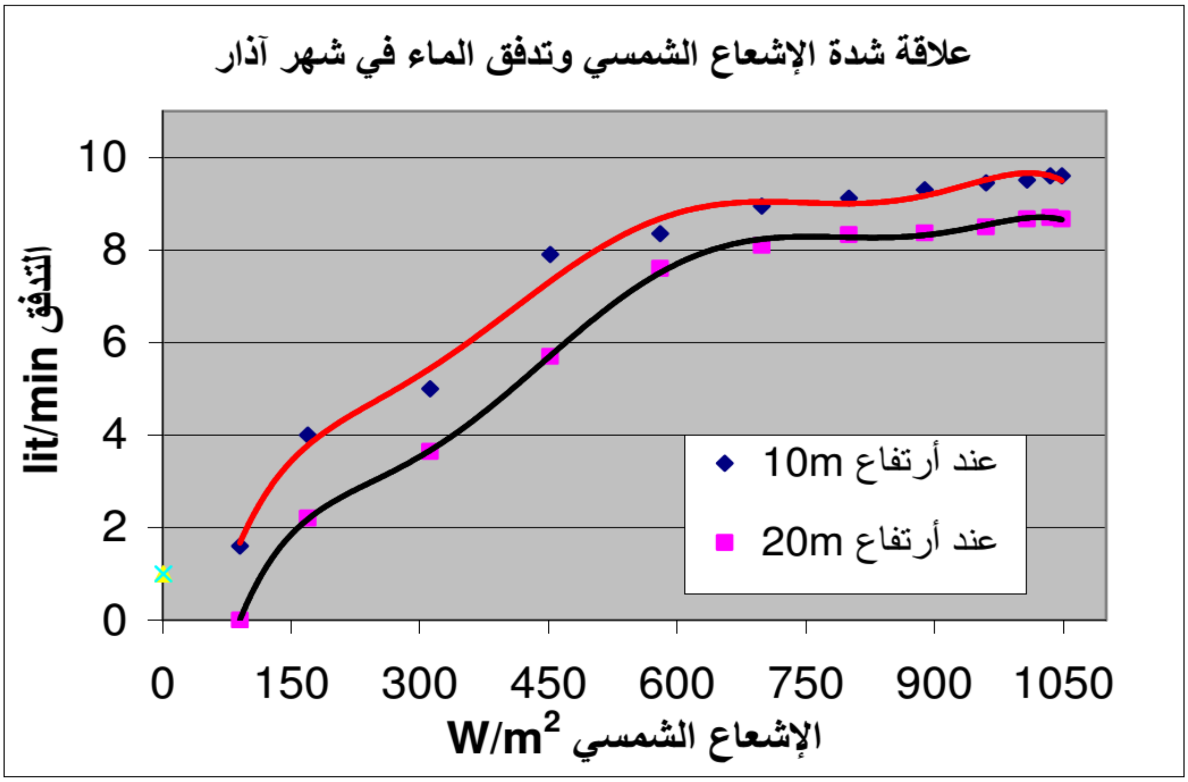
العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر شباط

6- شهر آذار: يبين الجدول (4-23) و الشكل(4-30) منحني العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و (20m):

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر آذار

الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min	الإشعاع الشمسي (W/m^2)	التدفق عند ارتفاع(10m) Lit/min	التدفق عند ارتفاع(20m) Lit/min
90	1.6	0	800	9.12	8.33
169.2	4	2.2	888.4	9.3	8.37
312	5	3.65	960	9.45	8.5
452	7.9	5.7	1008	9.51	8.67
580	8.35	7.6	1035	9.6	8.7
698.6	8.95	8.1	1048	9.6	8.67

الجدول (4-23)



الشكل(4-31)

العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط وتدفق الماء عند ارتفاع الضخ (10m) و(20m) لشهر آذار